

总主编 / 季羨林
著 / 王胜利 后德俊

长江文化研究文库

长江流域的科学技术

CHANGJIANGLIUYU DE KEXUE

JISHU

湖北教育出版社



长江文化研究文库

C J W H Y J W K



长江流域的科学技术

CHANGJIANGLIUYU DE KEXUE
JISHU

责任编辑：鞠继元

装帧设计：刘福珊

牛 红

ISBN 978-7-5351-4691-5



9 787535 146915 >

定价：36.00 元

长江文化研究文库

总主编 季羨林

副总主编 (以姓氏笔画为序)

冯天瑜 汤一介 李学勤 张正明

俞伟超 袁行霈 章开沅

执行副总主编 陈 昕 刘玉堂

长江流域的科学技术

CHANGJIANGLIUYU DE KEXUE

JISHU

著/王胜利 后德俊

经济科教系列

主 编 章开沅

副主编 陈 昕

湖北教育出版社

(鄂)新登字 02 号

图书在版编目(CIP)数据

长江流域的科学技术/王胜利,后德俊著. —武汉:湖北教育出版社,2007.11

(长江文化研究文库)

ISBN 978 - 7 - 5351 - 4691 - 5

I. 长… II. ①王…②后… III. 技术史 - 长江流域 - 古代
IV. N092

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 026411 号

出版 发行:湖北教育出版社
网址:<http://www.hbedup.com>

武汉市青年路 277 号
邮编:430015 电话:027 - 83619605
邮购电话:027 - 83669149

经 销:新 华 书 店

印 刷:湖北新华印务有限公司

(430034 · 武汉市汉口解放大道 145 号)

开 本:880mm × 1230mm 1/32

1 插页 17.5 印张

版 次:2007 年 11 月第 1 版

2007 年 11 月第 1 次印刷

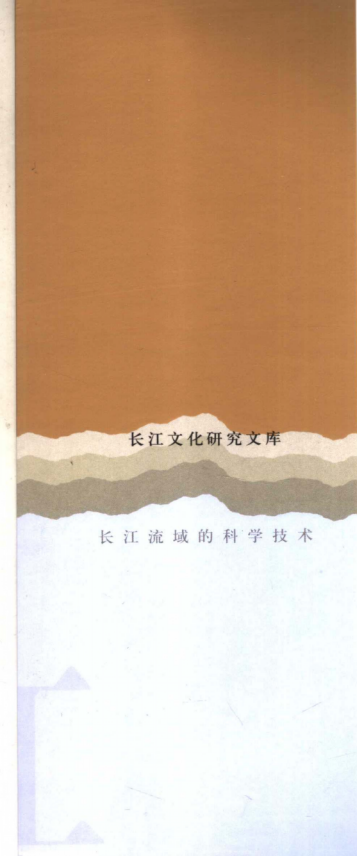
字 数:396 千字

印数:1 - 3 000

ISBN 978 - 7 - 5351 - 4691 - 5

定价:36.00 元

如印刷、装订影响阅读,承印厂为你调换



长江文化研究文库

长江流域的科学技术

比能把中国文化研究到这个水平,我们对他也只能表示敬意了。他提到的黄河文化与长江文化的关系,下面我还将要谈到。

继汤因比之后,我想再介绍一位外国学者,这就是美国哲学家、史学家杜兰。他穷四十年之力,著成了一部规模大大超过汤因比《历史研究》的力作,原文名叫 The Story of Civilization,直译应该是《文明的故事》,现译为《世界文明史》,全书共分十一卷,再加上一个“结论”。每一卷内容都异常丰富。重点是放在欧洲文明上的,只在第一卷“东方的遗产”中讲了埃及、近东、印度、中国、日本等国。对中国文明讲得不算多,我不打算介绍。但是,第一卷第一章“文明的条件”,却很值得介绍。杜兰先给“文明”下了一个定义:“文明是增进文化创造的社会秩序。它包含了四大因素:经济的供应,政治的组织,伦理的传统,以及知识与艺术的追求。”紧接着他又讲了五个条件:地质的条件,地理的条件,经济的条件,种族的条件,心理的条件,最后还讲了文明衰退的原因。

这些对我们研究长江文化都有参考作用。我之所以在这里介绍两位外国学者的学说,是因为我最近几年来深感中国学者对外国有关学者的研究成果不够重视。时至今日,地球已经变成了“地球村”,鸡犬之声相闻。如果我们仍然不闻不问,坐井观天,抱残守缺,对我们的研究工作是极为不利的。外国学者的意见,不见得都正确,正和我们本国学者一样;但是,他们往往能够从一个新的我们注意不到的角度上来看中国问题,即使是肤浅或者甚至荒谬,对我们也是有启发的。

杜兰给“文明”下了一个定义。据说世界学者对“文化”或“文明”下的定义有数百个之多,那就等于没有定义。杜兰的定义也只能是一家之言。但是,“文明”和“文化”两个词儿他都使用了。这就使我们也不得不考虑这两个词儿的涵义。就我个人浅见所及,“文明”的对立面是“野蛮”;“文化”的对立面是“愚昧”。消灭了野蛮就是文明;消灭了愚昧就是文化。由此可见,文

化和文明两个词儿你中有我,我中有你,有时候颇难以区别。在欧美,这两个词儿有时也是混用的。

现在再回头来谈我们的文化中心问题。我常常想,就世界范围来说,文化的分野是东方文化和西方文化。就中国来说,文化的分野却是北方文化与南方文化。这个现象也许可以用杜兰的“地理的条件”来解释吧。

中国的北方文化源于黄河流域,南方文化源于长江流域,更南的则产生于珠江流域。南北文化的特点还是比较明显的。专就文学而论,北方可以《诗经》为代表,南方可以《楚辞》为代表。艺术风格和思想内容,都是不同的。如果用几个现有的词儿来说明的话,则北方文学可以说是现实主义的,而南方文学则可以说是浪漫主义的。这从地理环境方面也是可以解释清楚的。给一隅而以反三隅,南北文化的特点也大体上可以推断出来了。

过去的中国典籍,以及近代的历史著作,一讲到中国文化,往往把中心或重心放在北方的黄河流域文化上。这并不奇怪,不能说是没有历史根据和事实根据。根据传说和历史记载,虞夏商周各个朝代,建都都在黄河流域。当时的政治中心,也往往就是文化中心。因此,说中国古代中心或者重心是在北方黄河流域,不能轻率地称之为偏见。但也不能说,其中毫无问题,不能说这种说法完全正确。我的意见是,原因在于研究不够。现在根据历史记载,特别是根据考古发掘工作的结果,南方早就发展起来了水平相当高的文化。长江流域无论矣,吴、越、楚、蜀等文化不都是长江文化吗?远在长江之南的广东、福建等地在很早的时期也都有了可观的文化。连无法解释为什么“享有一种安逸而易于为生的环境”的南方人没有创造文化的汤因比也不得不承认他们“全有潜伏的创造才能”。汤因比由于对历史情况了解得不够多,所以才做出了错误的结论。

三 文化交流

这里包含两个内容：一、中外交流；二、南北交流。

文化这种东西是具有很多特点的，最鲜明的特点就是扩散。也可以称之为交流。文化，一旦被创造出来，特别是与人类生活有密切联系的发明创造，立即自动地传播开去。最古的例子，比如采集技术、狩猎手段、种植技术，等等，都是最容易交流的。意识形态领域内的东西，比如神话、传说等次之。以后，人口日益增多，交通日益方便，于是文化交流也就随之而日益频繁。即使在蒙昧的远古，在有文字记载以前，文化已经以惊人的速度传播开来，无孔不入，无远弗届。中国同美洲隔着烟波浩渺的太平洋，但是中国人早已到了美洲。至于具体的时间和具体的路程，则还不清楚，有很多争论，我相信，总有一天会弄清楚的。

谈到先秦时代的对外文化交流，十分坚实的事实根据现在我们还没有。但是交流的迹象却是不少的。《战国策·楚策一》中的“狐假虎威”的说法，有人研究，认为可能不是中国土产。先秦典籍中，类似的例子还可以找出一些来。《楚辞》中的例子就更多。《天问》中的许多神话都带有“异域”的色彩。《离骚》一开始的几句话：“帝高阳之苗裔兮，朕皇考曰伯庸。摄提贞于孟陬兮，唯庚寅吾以降。”其中“摄提”这样的名词无论如何也看不出是中国土生土长的。现代学者们研究的结果证明，在很古的时代，长江流域的楚国和巴蜀地区就有一条通过云南到达缅甸和印度等地的道路。尽管地势险阻，行旅困难，但毕竟是能够通过的。

在北方，齐国濒临大海，尽管在最早的时候只有独木舟作交通工具，但毕竟能与海外联系，知道一些海外的信息。齐国的驺衍之所以独能倡大九州之说，良有以也。到了秦代，对外交通更

方便了,徐福东渡瀛洲的传说,不是没有根据的。陈寅恪先生在《天师道与滨海地域之关系》一文中说:“自战国驳衍传大九州之说,至秦始皇,汉武帝时方士迂怪之论,据太史公书所载(始皇本纪封禅书孟子荀卿列传等),皆出于燕齐之域。盖滨海之地应早有海上交通,受外来之影响。以其不易证明,姑置不论。但神仙学说之起源及其道术之传播,必与此滨海地域有连,则无可疑者,故汉末黄巾之乱亦不能与此区域无关系。”这是一个很好的概括。

现在再谈中国国内的文化交流,具体地说,就是黄河文化与长江文化或者比长江更南的文化的交流。这种交流,由于没有大海大山的阻挡,起源应当更早,交流应当更频繁。因为头绪过多,我无法详细叙述,只能笼统地谈一谈。资料过于丰富,没有可能,也没有必要一一征引。我现在仅仅根据现有的两部书:一部是柳诒徵的《中国文化史》,一部是李学勤、徐吉军主编的《长江文化史》,前者出版于将近七十年前,后者出版于1995年,一新一旧,可以看出观点之异同,也可以看出学术研究之进步。

柳书中颇多讲南北文化交流的地方。我只能极其简略地加以介绍。上册,第274页,柳先生说:“隐桓之世,齐郑最强。郑居中原,齐则东方之大国也。庄僖之世,齐桓称霸,而晋楚秦三国相继而兴,其势渐趋于西南矣。成哀而后,吴越复兴,天下大势,偏重南服。故春秋之时,实为文化自北而南之时。楚之先出自颍项,固亦神明之胄,然自初封于丹阳今湖北秭归县,传至熊渠已五叶六君,而熊渠犹自居于蛮夷。”这里脉络讲得简洁明了,文化自北而南,说得也有道理。

第284—286页,讲老子与孔子的关系。柳说:“老子生于陈而仕于周,并非楚人。世之论者,以史记有楚苦县人一语,遂以老子为楚人。因以其文学思想,为春秋时南方学者之首领,并谓与孔子之在北方者对峙。”柳先生不以此说为然,说:“其说倡于日

本人,而梁启超盛称之。”他接着说:“实则苦县故属陈,老子生时,尚未属楚,史记索隐正义言之甚明。(中略)藉令其地属楚,亦在淮水流域,距中夏诸国甚迩,未可以南北判之也。”这个公案,由专家们去审断吧,我在这里不想进行论证。

柳书,第213—215页,还指出孔子众多的弟子中有南人,这一方面表示,孔子生时影响已经极大,同时也能表示南北文化的交流。同书,上册,第二编,第四章“南北之对峙”,主要讲的是三国时吴魏对峙的情况。一直到晋代,南方长江流域人才辈出。吴人入洛,虽为北人所轻,然而南方文化人的光辉是掩盖不住的。惠愍之际,北方胡人大举入侵,北方的文化人大量南渡,有人称之为“衣冠南渡”,北方文化因之大规模地流入南方长江流域,其影响是深远的。这可能是中国史上规模最大的一次文化交流。这不禁令我想起了印度历史上北方穆斯林进入,大量的文化人婆罗门逃往南印,其影响也是极其巨大的。在晋以后一直到今天一千多年的时间内,由于交通更加方便,南北来往更加容易,黄河文化与长江文化之交流,日益频繁,柳书都有所涉及,我就不再抄录了。

现在再谈一本最新的书《长江文化史》,这部书同柳诒徵的《中国文化史》比较起来,尽管后者之功不可泯,却是不可同日而语的。我在下面简略地介绍一下书中有关南北文化交流的论述。

史前的情况不介绍了,我的介绍从春秋战国时代起。该书第二章,第七节,第173页“超越中原”,讲到春秋中晚期楚文化发展的情况。文中说:“中原的文化本来就比较发达,因此,楚人对中原既有侵吞之意,也有歆羡之情。春秋五霸,主要是两霸:一为楚,一为晋。楚晋角逐,究其实,就是长江中游文化与黄河中游文化的碰撞和交融。”下面又讲到楚国一些国王对战争的见解,都是极为难得的。特别是楚庄王,更是一个了不起的人物。在他统

治时期,楚国的精神文化,决不让中原文化专美于前。文中说:“楚庄王克敌制胜,不以功自矜,而以暴自责,这样的见识和气度是古今中外所罕见的。他对战争与和平、武功与文治的辩证关系有透彻的理解,在春秋战国时代为数众多的明君、贤臣、良将中如鹤立鸡群,在世界军事理论史上也是破天荒的创见。”(第174页)从这一点就可以看到,说当时楚文化,也就是长江文化,超越北方黄河文化,决不是无的放矢的。

该书在下面又论到淮夷文化、吴越文化、扬越文化及其楚化。到了楚文化鼎盛时期,又出现了富有浪漫色彩的文学,彪炳千秋。下面(第206页)又论到东周时期的蜀文化、巴文化和西南夷文化,基本上都属于长江文化范围,我就不介绍了。

第四章,标题是“南北对峙与文化交融”,主要是讲南北文化交流的,是很重要的一章。书中讲了三国时期、西晋时期和东晋南朝时期长江文化发展的情况,以及南北文化交流的情况。第二节“西晋时期的长江文化”,下分三目:一、“长江流域行政建置的增设与经济文化的发展”;二、“蜀、吴人士入仕中朝及其文化影响”,讲的是长江文化对北方文化的影响;三、“永嘉之乱与中国封建社会文化重心的第一次南移”(第362—364页),这个问题,我在上面介绍柳诒徵的《中国文化史》时已经谈过。北方战乱肆虐,不仅是“衣冠南渡”,一般老百姓南逃的人数也大得惊人,根据谭其骧先生的估计,约有90万人,占当时北方人口的八分之一强。“衣冠”泛指文化人,他们的“南渡”,造成了中国文化重心的第一次由北向南的大转移,其意义是重大的,影响是深远的。

该书在西晋后的许多章节里面详尽地介绍了长江文化发展的情况,以及黄河文化与长江文化交流的情况,写得都很精彩。如在此介绍起来会占去很多篇幅,而且同我现在要讨论的问题关系不大,读者自己去读吧。

到了该书第七章“宋元长江文化的成熟”，其中第二节“中国封建社会文化重心南移的完成”，是非常重要的第一节。书中（第719页）说：“长江流域经济的繁荣、文教的昌盛、私人讲学风气的流行和社会环境的相对安定，使宋元时期的长江文化终于确立了中华文化中的主导地位。”这个结论是正确的，也是重要的。下面第三节（第729—742页）“宋室南迁对长江文化的影响”，讲到“靖康之难”（1126年），南迁的人口在150万至200万人之间。我认为，这是继“永嘉之乱”以后的第二次“衣冠南渡”，其意义是无比重大的。从那以后，800多年的时间内，朝代变了几个，虽然北京始终是首都，可以说是政治的中心，但是，经济和文化的中心或重心，始终在南方，主要是在长江流域。我现在立一个假说：经济和文化没有南北重心而是南北均衡地发展，始自中华人民共和国的建立。这种均衡发展是中国经济和文化发展的一个更高的阶段，其意义是极其重大的。我这个假说能否成立，请专家们加以评断。

南北文化交流就介绍到这里。

我之所以这样刺刺不休地讨论南北文化交流的问题是有我的用意的。我个人认为，中华民族已经有了五千年的文化，而文化又是立国之本，我在上面已经说过，在中国，古代文化的差异是南北问题，南方以长江文化为代表，北方则以黄河文化为代表。按时间的先后，北方文化可能发展早一些，而南方文化也从极早的时代起就发展了起来，这一点往往被人所忽视。在漫长的历史时期内，南北文化的交流，促进了中华文化整体的发展，促进了社会向前发展。我在上面谈到文化中心或重心的问题，通过我的叙述，我们可以看到，中心并不总是固定的，一个时期在北方，另一个时期又在南方。把南北两大区域文化研究清楚，中华文化的总体也就清楚了。从宏观上来看，文化中心先在北，宋元时期始，移向南方，虽然在政治上北方仍是中心，因为首都是在

北京。有没有南北文化均衡地发展的时期呢？有的，我个人的一个假说，上面已经谈过了。从那以后，中国 56 个民族真正团结起来了，文化是众民族共同创造的事实也日益显著了。只要能保持安定团结，则共同创造的文化必能共同发展下去，达到更高更辉煌的阶段。

四 中华民族立国之本

我在上面已经谈到，文化是中华民族立国之本，现在再进一步加以阐释。

北京正在建造一座中华故土园。园中立一巨大石碑，碑文是我撰写的，欧阳中石教授书丹。我的碑文的内容大体上是：1. 爱国主义；2. 凝聚力；3. 文化积淀。前二者是中华民族的特点，后者则是前二者的基础。三者实一而三、三而一者也。

爱国主义不是中国一国的专利，世界各国都讲。但是，我们必须认真严肃地分清两类不同性质的爱国主义：一真，一假；一正义，一邪恶。所谓真的正义的爱国主义是指被侵略、被压迫、被虐待、被屠杀的民族的爱国之情。反之，侵略人、压迫人、虐待人、屠杀人的民族的爱国主义是假的、邪恶的。二者泾渭分明，不容混淆。中国的爱国主义属于前者。因为自先秦时代起，中国就边患不断，垂两千多年之久。存在决定意识，真的正义的爱国主义从而产生。历史上出了像苏武、岳飞、文天祥、林则徐等一大批受人尊敬的爱国者。有人主张，中国历史上那些制造边患的民族到了今天已经大多融入中华民族共同体内，因此中国历史上只有内战，而没有侵略，来自东方的南方的西方的敌人，其中包括倭和西方殖民主义者，是比较晚的事情。这个说法是不能成立的，他们把古代史近代化了。当时屠杀侵略中原人民的民族，确是地地道道的敌人。否则一部中国历史就只有内战牺牲者，而没有一

个爱国者，西湖的岳飞庙，以及布满全国各地的文丞相祠就都应该统统拆掉了，岂非天大的笑话！

至于凝聚力，则与爱国主义大有关联。《三国演义》上虽然说“话说天下大势，分久必合，合久必分”，但是，统计起来，中国有文字记载的几千年的历史都是合多而分少。到了今天，建成了这样一个包括 56 个（这个数字可能还要增加）民族的统一的大国，巍然屹立于世界民族之林中，成为空前的壮举，连反对我们的人也是不得不承认的。

有一个颇为奇特的现象，我必须在这里提一提，我没有研究过国际法，我不知道，国际法中对国籍是怎样规定的。听说有的国家，比如美国，不管是哪一个国家的人的后嗣，只要在美国诞生，就自动有了美国国籍。但是，国籍决不是一成不变的，是可以获得，也能够主动放弃的。中国人以及其他国家的人，有的就放弃了本国的国籍。这纯是个人行为，无可厚非。可是独有一些中国人，即使已经放弃了中国国籍，仍然爱着中国，尽上一切力量帮助中国。这在别的国家是极为罕见的。我认为，这也是中华民族凝聚力表现之一端。我曾再三说，中国知识分子是世界上最好的最爱国的知识分子，决非无稽之谈。现在有人出国，甚至改变国籍，我们，特别是我们的领导人，大可不必大惊小怪，寝食难安。设法留住人才，倒是我们的当务之急。

我在上面说过，爱国主义和凝聚力的基础是深厚的文化积淀。这话有点太空洞，需要具体加以解释。

从先秦春秋战国的形势来看，中国本来很有可能走欧洲以后走的路子。但是，为什么竟没有走上去，原因就在于我们有统一的文化背景。约略言之，可有以下几端。首先，尽管我们全国方言极多，但是我们从先秦起就有一种统一的文字。字体有过变化，从大篆到小篆，从小篆到隶书，从隶书到草书、楷书，至今全国皆通行。五四运动以后，文言改成了以北方方言为基础的白话

文,仍然是全国皆通。这大大地便利了思想的交流与沟通。其次,我们有统一的道德规范,这就是以儒家伦理为基础的道德规范,连宗教的不同都没能阻碍这种规范的通行。再次,占人口绝大部分的汉族有基本上统一的宗教信仰。中国汉族是一个没有多大宗教需要的民族,对宗教信仰有点马马虎虎,他们是儒、释、道兼信,而以祖先崇拜为中心。中国历史上没有像欧洲那样的宗教战争。我认为,这是我们民族的优越之处。我们相信的是一个各种宗教的混合体,并不追求泾渭分明。更次,我们有统一的艺术欣赏。中国在上世界上占有独特地位的书法和绘画,为全体人民,不管其宗教信仰如何,所共同欣赏。在音乐方面,欣赏稍有区别,但并不严重。许少数民族的音乐汉族也能欣赏。最后,我们有基本上统一的哲学思想。这种哲学思想,表面上纷然杂陈,其实却有一个共同的特点,这就是“天人合一”的思想,以综合思维模式为基础的思想,与西方的分析思维模式迥异其趣。从本体论上来看,宋张载的“民吾同胞,物吾与也”,可以为代表。从方法论上来看,我们主张“整体概念,普遍联系”。还可以举出一些特点来,以上五点不过是代表而已。这就是我所说的以文化深厚的积淀为基础的根据。

五 21 世纪研究工作的展望

再过一年,一个新的世纪和千纪就会来到人间了。在新的世纪里,我们的文化研究,特别是长江文化研究,会是什么样子呢?能够起什么样的作用,产生什么样的影响呢?我想,这是我们大家都会关心的问题。

我想先从文化研究的目的谈起。学术研究,一般说来,目的是探讨真理,为研究而研究也是未可厚非的。但是从事学术研究而抱有一定的实用目的,也同样是可取的。我想,我们研究中国

本书列为国家“十五”重点图书选题出版规划

文化,其中包括长江文化,是有目的的。首先是弘扬中华民族优秀传统文化,对内能够提高人民素质,对外则能使外国了解中国,我们不能抱瑰宝而自秘,我们想提高全世界人民的文化素质,使天下共此凉热。其次,特别是区域文化的研究,能促进中国各民族的相互了解,加强我们的团结。再次,文化研究能提高中华民族在世界民族之林中的地位,大大有利于维护世界和平。这一点与上面的第二项有关。最后,对中国文化的研究能济西方文化之穷。西方文化辉煌了几百年,现在弊端百出,全世界都大呼“保卫环境”,其根源就在这里。这种弊端必济之以东方文化,其中以中国文化为主,才有可能减少。我们的文化研究,至少有以上四个目的。

长江文化研究属于区域文化研究的范畴。我在上面提到的楚文化、吴文化等等的研究,都是长江文化。今后地区文化的研究还会日益发展。专就目前来看,长江文化研究实居领先的地位。地域文化加在一起,就成为一个中华民族文化的整体。地域文化搞清楚了,整体文化也会因之而充实,而丰富。地域文化的研究离不开考古工作,而从目前情况来看,考古工作还将日益加强。到了新的世纪,考古工作的规模一定会日益加大,地区一定会日益加广,成果一定会日益丰富。其直接影响会使我们中华民族的历史越来越长。这里需要做一点解释。历史是已经存在的东西,已经完成的东西,已经过去的东西,怎样还能延长呢?这样问,一点没错。但是我们对已经存在的、已经完成的、已经过去的东西的理解,却永远也不会圆满完成,永远也不可能划上句号。历史就属于这一类。如果没有近代的考古发掘工作,没有把地上资料,比如古代典籍之类,同考古结果加以对比研究,加以综合研究,我们对于古代史的了解能有现在这个水平吗?试举一个小小的例子。五四运动时,北大的疑古学派的代表学者顾颉刚说大禹只是一条虫,但是现在怎样了呢?大禹早就由虫变成了人,恢

复了他的“人权”。现在夏、商、周断代工程已经启动。将来对唐、虞,我相信我们也会有更深入更具体的了解,这是毫无疑问的。

我在这里想加一段插曲。在一次座谈会上,我又发表我那中国的历史将越来越长的看法。不意在座的有一位某大学历史系教授,以鄙夷的口气说道:“神话(按指大禹是条虫的神话)在成为历史事实之前,仍然只是神话!”我大吃一惊:如果人们不去利用考古和古籍等手段把神话变为历史事实,神话能自己变吗?这样的教授怎样教学生,我真担心!

我想谈另外一个与考古工作有关的问题,这问题更与长江文化有关。我讲的就是“震撼世界的‘巫山人’”(见《科技潮》1998年第11—12期)。1985年10月13日,考古学家黄万波等人在重庆市巫山县庙宇镇发现了“巫山人”化石。以后历经许多专家学者研究探讨,经过严格地科学考察,证明了200万年以前,我国就出现了在长江三峡一带活动的人类,从而进一步动摇了“人类起源于非洲”的学说。至于“人类起源于中国”的学说能否成立,我看为时尚早。不管怎样,就目前研究水平,“巫山人”早于北京周口店猿人,是完全可以肯定的;长江文化起源很早,这也是完全可以肯定的。

这样的研究,还能够纠正目前流行的大部分中国通史对中国古代文化描述的偏颇,即:重心放在北方黄河文化上,对长江文化注意不够。在最古的一段时期,黄河文化确是比较发展;但南方也并没有停止发展,近年来的考古越来越证实了这一点,将来证实得还会更多。无论如何,我们也不能给中国的大中小学学生和一般读者,以及外国的读者留下一个印象,认为中国历史已经铁板一块,不能变动了,这是不符合事实的。

我们的研究在对外方面也会起越来越大的作用,这一点我在上面已略有涉及。从目前形势看起来,我们中国人对外国,特别是对西方的经济发达的大国,了解得相当透彻。过去我们采用

了鲁迅所说的“拿来主义”，现在已经见了成效。反观外国对中国的了解，简直少得可怜。他们以“天之骄子”自居，鄙视中国，甚至有人认为中国人现在还在缠小脚，拖辫子，简直是荒谬透顶。孙子说：“知彼知己者，百战不殆”。将来世界一旦有事，我们中国是站在优势的地位上的，这是毫无问题的。外国人不来拿，怎么办呢？我认为，我们要采取“送去主义”，我们主动送货上门，把我们研究中国优秀文化的成果，其中当然包括对长江文化的研究，译成外国文，拱手送上。这就是我所谓的爱国主义与国际主义相结合的最佳方式。

21 世纪将会是世界文化融合的世纪。美国学者亨廷顿主张未来的战争将会是文化冲突的战争。这说明他既不懂东方文化，也不懂西方文化。将来文化融合中不可避免地会有矛盾和冲突，但是最终必然是融合。不过，我认为，融合必有主有次。过去的几百年，世界文化是以西方文化为主东方文化为次的。中国俗话说：“三十年河东，三十年河西。”我认为，将来东方文化必然会重现辉煌。它一方面汲取了西方文化的精华，另一方面又发展自己的特点，把人类文化发展推向一个新的高潮，前所未有的高潮。

我多年胡思乱想的结果，让我发现，东西文化有根本不同之处。西方文化以分析的思维模式为基础，对事物分析，分析，再分析，把“一分为二”的思想方法推到了无休无止的境地。表现在对大自然的态度上就是“征服自然”。自然虽无言，孔子说：“天何言哉！天何言哉！”指的就是这一点，但它却能惩罚和报复，眼前全球人类社会所面临的许多灾害和危机，大多是大自然惩罚的表现。中国文化是以综合的思维模式为基础的，表现在哲学上就是“天人合一”，我们主张与大自然和一切动植物和睦相处，张皇祥和的思想，扬弃“征服”的狂妄。人类如果还想继续生存下去，必须改邪归正，丢掉过去错误的想法和做法，也就是说，必

须以东方思想、东方文化为依归,走上“三十年河东”的道路。这就是我的看法。但是,我必须声明,我们中国虽然有这种高明正确的哲学思想,但是在行动上我们也没有完全做到,因此我们也受到了大自然的惩罚。我觉得,在新的世纪中,中国人要把思想转化为行动,而西方人则首先要进行一场思想启蒙运动,先纠正错误的看法,然后再让行动跟上去,这样一来,人类就能顺利幸福地活下去,人类将有一个辉煌的前途。

我们中国的文化研究者,其中当然包括长江文化研究者,首先都应该有上述我讲的那样远大的眼光和心胸,决不应鼠目寸光,然后来进行研究工作,这样一来,视角宽广而又全面了,必能做出更大的更辉煌的成绩,必能对中国人民,对世界人民有更大的更有深远意义的贡献。

我虽衰朽,愿与同志们共勉之,是为序。

季羨林

1999年1月17日

顾问 (以姓氏笔画为序)

王元化 (华东师范大学教授) 任继愈 (国家图书馆馆长)
许倬云 (美国匹茨堡大学教授) 张光直 (美国哈佛大学教授)
柳存仁 (澳大利亚国立大学教授) 饶宗颐 (香港中文大学教授)
梅原猛 (日本国际文化研究所顾问) 清水茂 (日本京都大学教授)

总主编 季羨林

副总主编 (以姓氏笔画为序)

冯天瑜 汤一介 李学勤 张正明
俞伟超 袁行霈 章开沅

执行副总主编

陈 昕 刘玉堂

经济科教系列

主 编 章开沅

副主编 陈 昕

编辑出版委员会

主 任 密加凡

副主任 邓剑秋 邱久钦

委 员 (以姓氏笔画为序)

王建辉 史可荣 刘玉堂 杨中岳 陈 昕
陆才坚 金德万 胡治洪 娄齐贵 袁定坤

编辑部 (以姓氏笔画为序)

史可荣 刘玉堂 孙艳魁 杨唐轩 陈 昕 陈雅峰
陆才坚 尚甫署 郑保荣 胡治洪 袁定坤 徐耀明
章宗裕 漆咏德 鞠继元 魏天无

编 务 鞠继元

出版说明

长期以来,长江文化在中华文明史乃至世界文明史上的重要地位,并未得到学术界应有的重视。已有的中国历史文化著述对中国传统文化的认识似乎形成了一种定势,认为黄河是中华文明的唯一“摇篮”,即黄河中心论或中原中心论。

20世纪80年代以来,长江流域越来越多的考古发现,引起众多学者对长江流域各地区文化形态研究的重视和参与,学界对巴、蜀、楚、吴、越文化及徽州、湖湘、岭南、海派等亚文化的研究方兴未艾,发表了不少有影响的著述,形成了研究长江文化的热潮。

1993年,著名学者季羨林在参观荆州博物馆和湖北省博物馆后,受到震动,撰写了题为《中国古史应当重写》的文章,指出:长江流域古文化,至少可与同期的黄河文化并驾齐驱。1997年,他再撰《中国历史必须重写》,重申应将这一观点贯穿于中国通史的研究。近年来,学术界的研究表明:奇丽弘深的长江文化也是中华民族优秀传统文化的重要源头之一,她和黄河文化南北交会,澎湃激荡,形成奔涌不息的中华文化之巨流,汇入古代世界文明的海洋。

长江文化研究的兴起,有其历史的必然和现实的缘由。根据20世纪90年代的资料,作为亚洲第一大河,长江流域面积占全国陆地面积的19%,人口占全国总人口的33%,国民生产总值约占全国的40%,历史文化名城和重点文物保护单位亦占全国的30%以上。随着国家经济建设重心向内地转移以及长江开发战略的实施,长江文化研究日益受到海内外学术界的关注。1995年8月在武汉举行的长江文化暨楚文化国际学术讨论会,把多学科、多层面、全方位研究

长江文化提上了议事日程。与会代表普遍认为,离开了长江文化,就没有中华文化;全面深入地研究长江文化,不仅有利于对中华文明起源的探索,而且对于从整体上认识长江流域历史上政治、经济、文化的状况及其与东南亚、南亚、中亚乃至环太平洋地区的交流,对于弘扬中华民族优秀文化,加速我国的物质文明、政治文明和精神文明建设,促进长江经济文化带的生成与发育,都有重要的理论意义和巨大的实践价值。

在 20 世纪 90 年代中期初步酝酿的基础上,1998 年 12 月,经湖北省社会科学院长江文化研究中心策划,湖北省新闻出版局决定由湖北教育出版社组织实施,编辑出版《长江文化研究文库》。季羨林先生欣然应允担任总主编,并亲自为《文库》撰写了“总序”;十多位著名学者应聘担任《文库》副总主编;海内外近两百位专家学者参与了《文库》的撰写工作。这一工程涉及的学术领域十分广泛,其研究成果对长江文化研究的深入展开将发挥巨大的推动作用。

芳菲菲兮满堂,五音纷兮繁会。六年来,经过全体作者和编辑出版人员的努力,七大系列,五十余种,图文并茂,洋洋二千余万字的《长江文化研究文库》杀青付梓了。欣喜之余,我们也不无遗憾。《文库》原定六十多种,由于种种原因,其中十几种未能按计划推出。在《文库》出版之际,我们期待着海内外专家学者的批评指正,更期盼着长江文化和中华传统文化的研究出现新的繁荣。

《长江文化研究文库》

编辑出版委员会

2004 年 6 月 1 日



一 缘起

中国是世界文明古国之一,这一点并不稀奇,世界文明古国颇有几个。但是,中华民族最爱历史,简直可以说有“历史癖”,我们有几千年之久的历史典籍,联绵不断。每一次朝代更换,下一个朝代在百废待举的情况下,第一批要做的事情中往往就有为前代修史。这在世界上是独一无二的,真可以算得上稀奇了。

中国旧日把所有的典籍分为四大部分:经、史、子、集,名之曰“四库”,史学典籍是其中之一。四库中有关文化的记载,比比皆是。再加上考古发掘,因此对研究中国文化史或文明史是十分有利的。然而,在欧风东渐以及日本风西渐以前,在漫长的历史时期中,专门研究文化或文明的著作,如凤毛麟角,绝无仅有。其原因何在呢?

根据我个人的看法,“文化”和“文明”两词,都是古已有之的,然而涵义却同我们今天使用的不无差异。今天的涵义,多少有点“出口转内销”的意味,有点受了西方或日本的影响。名词是旧名词,却增添了新的内容,在一定程度上是“旧瓶装新酒”。中国旧日学者往往不把文化或文明作为独立研究的对象,所以这一方面的专著就只好付诸阙如了。

我不是研究中国文化史的专家,在这一方面读过一些书。但

并没有真正下过工夫。根据我的推测,赋予“文化”或“文明”以新的涵义的时期,可能是在 20 世纪初叶,极有可能是受了外来的影响。其后间有以文化史或文明史名书名文者。在我上大学的时期,也就是 30 年代初至中叶,最著名的一部书是柳诒徵的《中国文化史》。此书原系大学讲义,后连载于《学衡》,最后成书,于 1932 年出版。此书总起来看,走的还是旧的路数,但是材料颇为丰富,间亦有新观点,而且规模颇大,不愧是筚路蓝缕之作。书中对黄河文化,也就是北方文化,和长江文化,也就是南方文化,都有所涉及,对于两方面的交流,也举了一些例证,可供我们今天参考。

建国以来,有相当长的一段时间,由于众所周知的原因,学术界表面上轰轰烈烈,实质上则是“万马齐喑”。真正文化研究是谈不上的。改革开放以后,知识分子头上的紧箍宽松了一点,思想解放了一些,真正的研究工作开始了。对文化的认真的研究也提到日程上来了。80 年代腾涌于全国的“文化热”,是顺应时势的壮举。这大大地推动了文化的研究。从整体文化研究一直到地区文化研究,都是百花齐放,灿烂辉煌。地区文化研究更是空前兴旺。楚文化、齐文化、吴文化等等,都推出了规模大、质量高的专著,令人耳目为之一新。长江文化研究,更不敢后人。有关机构邀集了与长江文化有关的各方面的专家,共同努力,用了将近两年的时间,写成了一部由李学勤教授和徐吉军教授主编的《长江文化史》(江西教育出版社 1995 年 12 月第 1 版),资料丰富,探讨深入,论点鲜明,成为空前巨著。在这样一个坚实的基础上,湖北社会科学院,更上一层楼,扩大了邀请专家学者的范围,以全国为目标,敦请对长江文化研究有兴趣,有造诣的著名学者,担任编写工作,编成了这样一套《长江文化研究文库》,包括一个“综论”系列和其他六个系列,共五十多部,真可谓洋洋大观,前无古人了。从内容上来看,这套《文库》综合了过去的研究成果,又加

以扩大和加深;从时机上来看,我们正处在一个新旧世纪和新旧千纪转换之际。从这两个方面来说,这套《文库》都有承前启后、继往开来的作用,为 20 世纪做了总结,为 21 世纪导夫先路。我相信,它会受到全国甚至全世界对长江文化有兴趣的读者欢迎的。

二 文化中心或重心问题

我是主张文化产生多元论的,意思就是,全世界文化是全世界各国家、各民族共同创造的。中华文化是中国各民族共同创造的。国家有大小,民族有众寡,因此创造的文化有多有少,有轻有重,不能一概而论。但是,每一个民族都有所创造,有所贡献,则是不容怀疑的事实。那种认为只有一个民族能创造文化,而其他民族则都是文化的破坏者,是法西斯论调,有识者只能嗤之以鼻。

世界各地,中国各地,虽然都能产生文化,但是,由于人类生存的地理条件和气候条件相差悬殊,这就导致了经济发展的不平衡;经济发展的不平衡导致了文化发展的不平衡,于是就产生了文化中心或重心。这是世界和中国共有的现象,不足为怪。

英国著名的史学家汤因比,穷毕生之力,写成了一部巨著《历史研究》(Historical Studets)(曹未风译,上海人民出版社 1997 年新 1 版),从最广阔的宏观上,上下五千年,纵横千万里,探讨了世界历史发展的情况和规律。他把世界文明分为二十几个,名之曰“社会”或“文化”,实际上也就是世界文化的中心或者重心。关于中国文化,他在该书中前后看法就有改变。他先列了二十个“社会”。其中第六个为“远东社会”,第十个为“古代中国社会”。后来又把“远东社会”分为“中国社会”和“朝鲜—日本社会”,最后他又增加了一个“黄河流域古代中国文明以前的商代文化”。可见他对中国文化的分类或者分区有点拿不定

主意。

汤因比对中国文化有下列一些论述。《历史研究》(上),第28页,他说:“古代中国社会的策源地是在黄河流域,它从这里扩展到长江流域。远东社会的策源地把这两个流域都包括在内,然后一方面沿着中国海岸向西南方扩展,另一方面向东北扩展到了朝鲜和日本。”他这些意见,我们不见得都能同意,抄在这里,聊备一格而已。

同书,第92页,在“古代中国文明的起源”一节中,汤因比写道:“古代中国文明的祖先们,从种族上看来,好像同南方和西南方广大地区的居民——从黄河到雅鲁藏布江之间,从西藏高原到东海和南海——没有什么差别。如果说在这样一片广大的人群当中,有一部分人创造了文明,而其余人都在文化上毫无所有,我想这个理由也许是他们虽然全有潜伏的创造才能,可是由于某些人遇到了一种挑战,而其余人等却没有遇到的缘故。……我们所能肯定的仅有这么一点,就是在黄河岸上居住的古代中国文明的祖先们,没有像那些居住在南方的人们那样享有一种安逸而易于为生的环境。事实上也确是如此,南方的居民,例如在长江流域的居民,他们没有创造文明,他们为生活而斗争的艰苦性也的确比不上黄河流域的人。”在同书第109—110页,汤因比比较了黄河和长江的自然条件,认为长江条件比黄河优越,“然而古代中国文明却诞生在黄河岸上而不是诞生在长江流域”。这些说法显然是自相矛盾的:既然长江流域条件优于黄河流域,为什么后者能创造文化而前者不能呢?

汤因比能够把中国文化放在全世界众多的文化中心中来加以审视,加以比较,这是他的贡献;然而他毕竟是一个并非汉学家的外国学者,对中国古代文化了解得不够深入,再加上他写《历史研究》时,中国的考古工作还很滞后,中国学者本身对长江文化了解得也颇为肤浅,因此不能苛求于一个外国学者。汤因

总 序	季羨林
-----------	-----

导 论	1
-----------	---

第一章 文明的曙光(原始社会时期)	8
第一节 房屋、古城建筑中的科学技术	8
第二节 栽培稻的起源和原始稻作农业	18
第三节 玉器制作技术	28
第四节 早期的漆器	35
第五节 长江三峡地区新石器时代的科学技术	44

第二章 “三大文化”中的科学技术(商周时期)	53
第一节 巴蜀文化中的科学技术	53
第二节 楚文化中的科学技术	59
第三节 从出土的楚国玻璃看 早期的中外文化交流	118
第四节 吴越文化中的科学技术	145

第三章 科学技术的发展(秦汉六朝时期)	161
第一节 “火耕水耨”——一种适宜的稻作技术	161
第二节 南阳冶铁技术	167
第三节 《抱朴子·内篇》中的化学知识	175
第四节 阳燧、透光镜及铜镜制作中心	181
第五节 王充《论衡》的天文学思想	189
第六节 张衡的天文学成就	203
第七节 祖冲之、祖暅之父子的数学成就	218
第四章 科学技术的繁荣(隋唐宋元时期)	237
第一节 越窑的青瓷	237
第二节 管形火器的出现与突火枪	245
第三节 水法炼铜——胆铜法与张潜碑	249
第四节 我国早期的矿冶专著——《大冶赋》	256
第五节 卓筒井——四川井盐开采 技术的重大进步	262
第六节 “茶神”陆羽、《茶经》及制茶技术	271
第七节 成就斐然的科技典籍——《梦溪笔谈》	278
第八节 从隙积术到垛积招差术	292
第九节 毕昇的泥活字与王祯的木活字	300
第十节 中国剩余定理与秦九韶的大衍求一术	306

第五章 科学技术的高峰(明清时期)	312
第一节 中国古代的“百科全书”	
——《本草纲目》	312
第二节 《髹饰录》——我国现存唯一的古代漆工艺专著	325
第三节 地理学巨著——《徐霞客游记》	335
第四节 集技术之大成的《天工开物》	351
第五节 方以智《物理小识》的科学思想	364
第六节 王锡阐的天文学研究	377
第七节 梅文鼎的球面三角学研究	388
第八节 “湖广熟,天下足”——两湖粮食生产的发展	401
第九节 宜兴紫砂器	414
第十节 中国的瓷都——景德镇及其青花瓷	418
第十一节 宣纸、徽墨、歙砚与湖笔	433
第六章 近代科学技术的兴起	449
第一节 江南制造局的创立	449
第二节 汉冶萍公司的建立	457
第三节 汉阳兵工厂及“汉阳式”步枪	464
第四节 无烟火药的试制与生产	467

第七章 少数民族地区的科学技术	475
第一节 藏族的天文历算	475
第二节 藏族的医药学	486
第三节 藏族的“唐卡”	496
第四节 彝族的天文历法	499
第五节 四川凉山彝族的漆器工艺	514
第六节 云南少数民族的银饰	521
第七节 土家族的“西兰卡普”	525
后 记	529

导 论

科学技术是人类智慧的结晶,是人类文化的重要组成部分。一个国家,一个民族,其经济的发展和社会的进步,相对来说,会比较集中地体现在其科学技术发展的水平上。中国作为具有5000年文明史的东方古国,之所以能长期地傲立于世界民族之林,是与其科学技术水平的不断发展密切相关的。

过去,由于中国历代王朝的国都大多设置在黄河流域,从而使黄河流域一直被当作古代中国的政治、经济和文化的中心地带,以至于现今的人们只要一提起中国古代的灿烂文化和科技成就,都会自觉或不自觉地把注意力集中在黄河流域,而把长江流域放在了次要地位。然而,当人们对中国古代文化的发展历史进行全面的回顾和分析时,就会发现,两个流域的古代文化各具特色,同样灿烂;两个流域的古代科技的发展状况虽然有时候不平衡,在某个时期黄河流域比较突出,在另一个时期又是长江流域比较突出,但总的说来,两地区的科学技术是互相促进、互相影响、比翼齐飞的。实际上,不少重大的发明、发现和创造,都是首先出现在长江流域;长江流域在繁荣和发展中国古代科学技术方面所做出的贡献,毫不逊色于黄河流域。

距今约170万年前的云南元谋旧石器遗址,出土有已知我国最早的打制石器。距今约1万年前的湖南道县玉蟾宫遗址、江

西万年县仙人洞及吊桶环遗址,发现有我国乃至世界上最早的栽培稻遗物,证明长江中游地区是世界栽培稻的起源地之一。在距今约 7000 年前的浙江余姚河姆渡遗址,发现有我国已知最早的用榫卯方式建成的干栏式木构建筑遗迹。在距今 5000 年左右的浙江吴兴钱山漾遗址,发现有目前已知最早的苧麻和蚕丝织品。另外,在河姆渡遗址和钱山漾遗址,还发现了我国已知最早的船只推进工具——木桨。我国是世界上发现大漆、发明和最早使用漆器的国家,在河姆渡遗址、江苏常州圩墩马家浜文化遗址、以及浙江余杭瑶山良渚文化遗址等距今在 4000 年以上的新石器文化遗址中,都出土有我国最早的漆器。

与殷商、西周时期黄河流域的甲骨文化和青铜文化的辉煌相比,当时的长江流域曾长期被人们视为无可提及的荒蛮地区。然而,1986 年在四川广汉县三星堆发掘的商代蜀国遗址中出土了一大批精美的青铜器、玉石器和金器,这些器物不仅特色鲜明,其工艺制作水平也与黄河流域的同类器物不相上下,从而彻底扭转了人们对这一时期长江文化和科技状况的误解。

春秋战国时期,随着楚、吴、越等国的先后崛起,长江流域的经济、文化和科学技术更是与黄河流域齐头并进。1978 年在湖北随州曾侯乙墓出土的总重量达 10 吨左右的青铜器群,以及新中国建立后所陆续发现的越王勾践剑和吴王夫差剑等,都代表着当时青铜铸造和加工工艺的最高水平。1974 年在湖北大冶铜绿山发掘出的春秋战国时期的古铜矿遗址,矿井深达四五十米,其采掘、巷道支护、提运、通风、排水和照明等方面的技术,在当时的采矿业中都是最先进的。由战国末年的水利专家李冰主持修筑的蜀地都江堰水利工程,虽然已历经 2000 多年,但至今仍然发挥着防洪、灌溉和航运等多种功能,创造了世界水利史上的奇迹。特别是曾经雄踞长江中游地区数百年的楚国,创造了光辉灿烂的楚文化。其中,楚国的漆文化最具特色,与当时的诸侯各

国相比,楚国的漆器不仅数量最多,品种最全,使用范围最广,其制胎工艺、漆的精制和髹饰工艺也均独领风骚。另外,楚国的丝织品织造精美、色彩鲜艳、纹饰繁缛,其缣丝、纺织和练染技术都达到了当时的最高水平。在青铜器制造方面,楚地则是最早使用失蜡法铸造技术的地区。在天文学方面,楚国天文学家甘德用肉眼观察到了木星的第三号卫星——木卫三,比意大利的伽利略用望远镜发现木星的卫星早了近2000年。在对万物本原问题的认识上,以阴阳五行说为代表的多元论思想可能最初产生于黄河流域,但以“无”为万物本原的一元论思想,则是由楚国哲学家老子所创立。

两汉时期,长江流域的科学技术蓬勃发展。在农业方面,适合于长江中下游地区水稻种植的“火耕水耨”技术得到了较多的应用。在冶铁方面,位于汉水上游的河南南阳地区出现了“热鼓风”、“水排鼓铸”、“炒钢”等多项先进的冶铁炼钢技术。在天文学方面,西汉巴郡天文学家落下闳创立了“浑天说”这一在中国古代长期占据主导地位的宇宙理论;湖南长沙马王堆西汉古墓出土了世界上最早的彗星图集。在医学方面,马王堆汉墓出土的帛书《足臂十一脉灸经》、《阴阳十一脉灸经》、《五十二病方》和《导引图》,湖北江陵张家山西汉墓出土的竹简《脉书》和《引书》,都是现知最早的医学和健身学专著;东汉南阳籍医学家张仲景创立的伤寒论学说,至今仍在中医理论和临床治疗中发挥着重要作用。同为南阳籍的东汉科学家张衡,研制出了世界上第一台地震方位测量仪。桂阳(今湖南郴州)籍的蔡伦所研制的“蔡侯纸”,使得纸张真正实现了使用和推广价值,为造纸术迅速在我国普及和推广世界做出了重要贡献。

魏晋南北朝时期,长江流域的科学技术继续发展。东晋会稽余姚(今浙江余姚)籍天文学家虞喜在我国最早发现了岁差现象。南朝天文历算家祖冲之最早把岁差应用于制历工作,提高

了历法的精度。另外,祖冲之还在世界上最早把圆周率计算到小数点后7位数,他的儿子祖暅之在世界上最早解决了球体积的计算问题。同样生活在南朝的医学家陶弘景,编著了《本草经集注》一书,使中药的分类更加合理、细致和实用。

隋唐时期,长江流域的科技发展虽然从总体上看不如黄河流域繁盛,但仍取得一些突出的成就。例如,以“秘色瓷”闻名于世的浙江地区越窑生产的青瓷,因质地精美而一跃成为专供皇室或贵族享用的贡品;安徽宣州创制的书画名纸——宣纸,以其优良的品质而名扬天下;湖北天门籍的“茶神”陆羽编著《茶经》一书,对茶树的习性和栽培,对茶叶的加工和饮用作了全面详尽的总结,在后世及朝鲜、日本等国产生了深远的影响。

宋元时期,长江流域的科学技术再度兴旺发展。北宋时,湖北英山籍工匠毕昇发明了活字印刷术;长期在江浙地区任职的科学家苏颂研制了我国第一台水力驱动的大型天文观测仪器——水运仪象台;浙江杭州籍科学家沈括大大改进了指南针的灵敏性,发现了磁偏角现象,提出了高阶等差级数求和的“隙积术”;江西饶州(今波阳县)籍工匠张潜总结和改进了汉晋以来的水法炼铜技术;四川井盐开采技术出现了重大进步——发明“卓筒井”。南宋时,四川籍数学家秦九韶提出解高次方程的“正负开方术”,比西方早500多年;福建籍医学家宋慈和江西籍医学家陈自明,分别对古代的法医学和妇科学给予了总结和提高。在元代,浙江籍医学家朱震亨创立了中医学的又一学说“滋阴”学;长期在皖、赣地区任职的农学家王桢,编著了代表当时农学最高水平的著作《王桢农书》,他还改进了活字印刷术,使其更具实用性。火药作为我国古代的四大发明之一,在宋元时期的长江中下游地区被最早应用于军事实战,并且产生了最早的管形火器。江西景德镇自宋代开始,以制造优质白色瓷器而闻名天下,并获得了“瓷都”的荣誉。

我国是一个由五十多个兄弟民族组成的大家庭,各民族都为中华文明的发展进步做出了不可磨灭的贡献。在科学技术方面,居住在长江上游地区的藏族和彝族,都创立了自己独特的天文学和医药学;彝族的漆器制作工艺、土家族的“西兰卡普”纺织印染技术、藏族卷轴画“唐卡”的制作工艺、云南各少数民族的银饰制作工艺等等,也都各具特色,体现出这些民族的智慧和才华。

明清时期,是我国的科学技术从完全独立发展到开始学习引进西方科学技术的转折时期。在长江流域,湖北蕲春籍医学家李时珍完成了药理学大典《本草纲目》;江苏江阴籍地理学家徐霞客考察了华中、华北、华南和西南共16个省区的地质、地貌和水文,写出了地学名著《徐霞客游记》;云南昆阳(今晋宁)籍大航海家郑和组建并率领庞大船队七下西洋,远达非洲东海岸,展示了当时世界上最先进的造船技术、航海技术和天文导航技术;江西奉新籍科学家宋应星编著了工农业生产技术的百科全书《天工开物》;上海籍科学家徐光启编写了集古代农学之大成的《农政全书》。

明末清初,西方耶稣会传教士为了在中国站住脚,曾经把西方的一些科技知识当做敲门砖使用。当时,我国一些开明的知识分子敏锐地察觉到,西方科技知识中有许多东西值得我们学习和借鉴,因而积极地开展了介绍、引进西方科技知识的工作。在这方面,长江流域的许多知识分子走在了时代的前列:徐光启主持编写了《崇祯历书》,最早把西方天文学、数学和测量学介绍到中国;安徽桐城学者方以智编著的《物理小识》,江苏吴江学者王锡阐撰写的《晓庵新法》,安徽宣城学者梅文鼎、梅穀成祖孙二人编著的多部天文、数学著作等等,都对当时人们学习、了解西方数理知识产生过重大影响,发挥过积极作用。他们是我国古代科学技术破除闭关自守观念、开拓视野、对外交流的先驱。

然而,迅速发展起来的西方资本主义列强并不希望古老的

中国继续强大,而是要把中国变成自己掠夺财富的殖民地。它们发动罪恶的鸦片战争,用坚船利炮打开了大清帝国的大门,强迫腐败无能的清政府割地赔款,签订了一系列丧权辱国的不平等条约。血与火的磨难激起了中国人民反抗外来侵略和压迫的斗争浪潮,也使当时统治者中的有识之士认识到学习西方近代科学技术的重要性。在清政府开展的以学习西方近代兵器技术、兴办军事工业为主要内容的洋务运动中,创办于上海的“江南制造局”,曾经仿制过不少西洋机器、轮船和枪炮;由湖北汉阳炼铁厂、湖北大冶铁矿和江西萍乡煤矿组成的钢铁联合企业“汉冶萍公司”,引进了当时世界上先进的炼铁、炼钢技术;创建于湖北汉阳的兵工厂,先后生产了以“汉阳式”步枪为代表的大批枪炮弹药。这些企业不仅为当时的国防建设作出了重要贡献,也使我国传统的作坊式手工业生产向近代大工业生产的转化迈出了艰难的第一步。为发展我国的军火工业,江苏无锡籍科学家徐寿主持研制了我国第一艘以蒸汽为动力的轮船,其子徐建寅研制出了性能优于西方产品的无烟火药,并且以身殉职。然而,由于社会制度的腐朽没落,洋务运动为富国强兵而进行的种种努力,在中日甲午战争的毁灭性打击下,不得不以完全失败而告终。辛亥革命虽然推翻了清王朝的统治,但中国的国民经济和科学技术仍然在帝国主义、封建主义和官僚资本主义三座大山的压迫下蹒跚而行,进一步拉大了落后于世界先进水平的距离,长江流域科学技术的发展亦未能免遭厄运。

1949年,伟大的中国共产党领导中国人民推翻了三座大山,走上了社会主义的康庄大道。经过半个世纪的艰苦探索,我国的国民经济和科学技术,终于找到了一条适合本国国情的发展道路。如今,长江流域的科技工作者正与全国人民一起,为实现四个现代化,为赶超世界先进水平而努力奋斗;一批又一批具有世界领先水平的科学技术成果和优秀的科学技术人才,正源源

不断地涌现在世人面前。

由于篇幅所限,本书只能主要介绍长江流域各民族在古代和近代所取得的科技成就。至于长江流域在辛亥革命以后,特别是中华人民共和国成立以后的科技成就,只能留待将来另行整理和介绍了。

第一章

文明的曙光 (原始社会时期)

第一节 房屋、古城建筑中的科学技术

一 河姆渡遗址出土的“干栏”式建筑

河姆渡遗址位于浙江省余姚市丈亭区罗江乡河姆渡村,20世纪70年代曾经进行过两次较大规模的发掘,发现了大面积的稻作农业遗存、建筑遗存和一批墓葬等,出土了大批的珍贵文物,被考古学界命名为“河姆渡文化”。河姆渡遗址中的文化层从上至下共分为四层,其中出土大量建筑遗存的第三文化层与第四文化层(最下面一层)的年代分别约为公元前3900年至前4400年、公元前4500年至前5000年。

在河姆渡第四、第三文化层中出土的建筑遗存主要是木建筑遗存,计有柱洞、柱础、圆柱、方柱、圆木、桩木、排桩、板桩、地龙骨、横梁、木板等。这些出土文物反映出当时河姆渡人居住的房屋主要是一种现今称之为“干栏”式的木构建筑。

河姆渡发现的干栏式建筑遗迹,是目前我国发现的最早的干栏式建筑物,在我国建筑文化史上有着相当重要的地位。林华东先生在《河姆渡文化初探》一书中指出:

干栏，又作“干兰”，干兰之称最早见于《魏书·僚传》，书称僚人“依树积木，以居其上，名曰干兰。干兰大小，随其家口之数”。^①

该书并引周去非《岭外代答》中的记载：

深广之民，结棚以居，上设茅屋，下豢牛豕。棚上编竹为栈，不施椅桌床榻，惟有一牛皮为茵席，寝食于斯。牛豕之秽，升闻于栈罅之间，不可向迳，彼皆习惯，莫之闻也。考其所以然，盖地多虎狼，不如是，则人畜皆不得安。^②

可见，干栏式建筑的特点是抬高地面，人宿其上，门前必设梯以供上下。这类建筑既可以防蛇虫野兽之害，又避开地面的潮湿对人身的影响，是适合于我国南方潮湿地区的一种古代居住形式。至今，我国南方许多少数民族地区仍然盛行这类干栏式建筑，如居住在湖北省恩施自治州的土家族，其民族特色建筑物——“吊脚楼”，就是一种用木质梁柱和木板等建成的干栏式建筑，表明这种建筑物不仅历史悠久，而且历经数千年不衰。

河姆渡遗址中干栏式建筑遗迹所反映出的距今7000年前居住在长江下游地区的河姆渡人在房屋建筑中的科学技术，主要有以下几点：

1. 木板加工技术

河姆渡人使用的木工工具主要是石器和骨器：石斧、石镑、石凿、石楔、骨凿、骨锥等。例如伐木，一般是用石斧进行砍伐。

① 林华东：《河姆渡文化初探》，杭州，浙江人民出版社，1992年，369页。

② 转引自林华东：《河姆渡文化初探》，浙江人民出版社，1992年，370页。

砍下来的原木,如何剖成木板呢?就使用石楔,即在原木上顺着其纵向的木质纤维的劈裂线上,每隔一小段距离打入一个石楔。“每楔嵌入原木中,可产生一段的胀裂,各楔造成的裂痕连接起来可构成顺似断线的通缝。然后再于原木通缝的相对一面同样加楔,使之产生对应的通缝,不断地打深石楔,或改用更厚的楔具,直至原木完全裂开。在已裁开的半个原木上,再如法操作,便可制成板材或枋木。”^①

制成的板材或枋木,其表面可用石镑进行加工,以达到较为光滑的表面。河姆渡遗址中出土的干栏式建筑物的地面系以木板铺成,木板的表面又都较为平整,可见当时木板的加工已经达到一定的水平。

2. 多种多样的榫卯类型

干栏式建筑中的木结构,是用多种梁柱通过榫卯相互间连成一个整体的框架,然后再用稻草、木板等材料制成屋顶、地面和墙体,所以这类建筑物中榫卯结构相当多。木质构件上的榫卯,是用石斧、石凿、骨凿等工具加工而成的。

林华东先生根据河姆渡遗址中出土的房屋木构件实物,总结出主要的榫卯结构有以下 11 种^②:

(1) 柱头和柱脚榫:标本见构件编号 59,柱呈圆形,长 263 厘米,两端都加工出榫头,柱头榫系上承屋梁之用,柱脚榫则用以连接地板的龙骨。

(2) 梁头榫:大多以方木作梁,榫头截面以长方形居多,也有少数呈方形。标本构件 40 残存头部,其榫头截面高 22.5 厘米、宽 5.5 厘米。标本方木梁头榫,系以横断面略呈方形(高 11 厘米、宽 12 厘米),通长 82 厘米的方木制成。在其一端断面四分之

① 林华东:《河姆渡文化初探》,杭州,浙江人民出版社,1992 年,192 页。

② 林华东:《河姆渡文化初探》,杭州,浙江人民出版社,1992 年,194~195 页。

一处加工出长5厘米、边长6.5厘米的方榫,另一端则加工出断面为长方形(高6.5厘米、宽12厘米)的榫头,长9.5厘米。这两种构件的榫头比例为4:1,符合受力要求,结构已相当科学。

(3)带梢钉孔的榫头:标本构件58,仅存一残段,其榫头中部凿有方或圆形梢钉孔。在榫头上采用梢钉固定,防止梁柱受拉后脱榫,反映出当时木构架已较先进成熟。

(4)燕尾榫:标本残长66厘米,系以截面呈长方形的方木制成。一端榫头呈燕尾形。

(5)双凸榫:标本似属梁头或枋头构件的方形榫头上,分成上小下大的两层榫头,以分别连接两种卯孔不同的构件。

(6)柱头刀形榫:其榫头截面除方形和长方形外,还有少数根部稍大的馒头榫和刀形榫。

(7)双叉榫:标本为一根长139厘米的木枋,横截面为长方形,微削去四角。在枋两端狭面上开双叉榫,每叉榫长3.5厘米、宽2~3厘米,靠近枋的一端还凿有长方形的透孔。

(8)柱头透卯:标本构件60,系在一根柱头榫以下12厘米处两面对凿出长9厘米、宽7厘米的长方形卯孔,这种卯孔,可以两面对插入横梁或枋木的榫头,堪为后世所称“平身柱”的鼻祖。

(9)带卯孔的转角立柱:标本构件17,为一圆立柱残段,在同一高度开凿出二个互为直角的长11厘米、宽6厘米的卯孔,显属承接两个垂直的横向梁枋构件的转角立柱。

(10)企口板:标本构件8,为一长方形木板,在其两侧各凿出一道宽1~2.5厘米、深2.3厘米的企口,可用以插入砍削成梯形状截面的木板而衔接不见通缝。这是当时密接拼板工艺进步的实证。

(11)直榫方木:标本构件31,系在方木上等距挖凿出长4厘米、宽3.6厘米、深1.5厘米的卯洞,推知为插入栏干直榫所用的构件。

林华东先生指出:

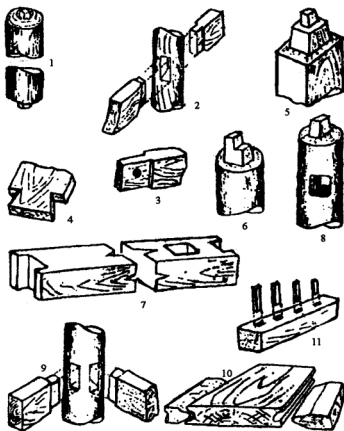


图 1—1 河姆渡出土木构件榫卯类型^①

1. 柱头和柱脚榫 2. 梁头榫和平身柱上的卯 3. 带梢孔的榫
4. 燕尾榫 5. 双凸榫 6. 柱头刀形榫 7. 双叉榫 8. 柱头透卯
9. 带卯孔的转角立柱 10. 企口板 11. 插入栏杆直棂的方木

河姆渡文化所见榫卯类型远不止上述 11 种,但仅从上述榫卯形式,我们不难发现河姆渡人使用的榫卯,制作已相当精

^① 林华东:《河姆渡文化初探》,杭州,浙江人民出版社,1992 年,196 页。

巧,各种梁、枋、柱上采用的榫卯大小,足已承受其受拉、受压之力,结构已很科学。后世常见的梁柱相交榫卯、水平十字搭交榫卯、横竖构件相交榫卯,以及平板相接的榫卯等都已具备。尤其是截面长宽比例为4:1的榫头,曾对我国木构榫卯建筑技术产生了深远的影响,后世所称合理的“经验截面”,盖即导源于此,并一直延用至今。双层榫头和带垂直双卯孔转角柱的出现,梢钉的采用,燕尾榫和企口板的发明,均堪称我国木构建筑史上的奇迹。^①

二 屈家岭文化的房屋建筑技术

屈家岭文化是主要分布于长江中游地区的一种新石器时代的文化,其年代约为距今4600年至5000多年前。据陈树祥等在《应城门板湾遗址发掘获重要成果》一文中报道:1998年1月,湖北省文物考古研究所等在湖北省应城市门板湾遗址的发掘中,发现了距今约5000年前的屈家岭文化时期的古代城址一座和保存完好的早期土坯砖筑的大型房址一座等。从发掘及钻探取得的资料来看,城垣土压着房子,紧连着旁边的濠沟,所以房屋比城垣始建的年代还要早一些才是,因此,这座大型房址应该是距今5000年之前的屈家岭文化早中期的遗物。

房址位于西城墙城垣之下,呈“长方形,坐南朝北,东西长16.2米,南北最宽处5.5米,总面积83平方米。房内分为四开间,中间两间较大,两侧各一间稍小,房子内每间都有门道相通,共有房门6个,门宽80~90厘米。在房子中部两间各开有1个朝北的大门。在中间两间房子南墙上还各开有2个窗子,西端房间的南北墙上各开有1个窗子。除东端房间所开窗户较小并

^① 林华东:《河姆渡文化初探》,杭州,浙江人民出版社,1992年,195~197页。

高于居住面外,其他房间的窗子底部约高出居住面10厘米,窗子框架痕迹明显,近方形,宽88厘米,高90厘米。房子最东间内发现两个灶坑,一个位于南墙边,一个位于北墙边。其他3个房间靠北墙的居住面各修筑一个很规整的火炕,从东向西分别为长方形、方形、椭圆形,沿火炕四周还修筑有宽5厘米,高出居住面2~5厘米的台边。整个房子墙体修筑规整,厚约38~55厘米,在修筑墙体前,先预制较规整的土坯砖,土坯砖长约30~41厘米,宽19~20厘米、厚5~8厘米。在砌筑墙体时,一层土坯砖铺一层较薄的红粘泥,上层砖压下层砖的缝隙,采取了条侧结合的砌法。墙体砌好后,墙面再用黄粘泥涂抹,使墙面显得平坦、整洁、坚硬,这种建筑方法在我国延续数千年,在当地仍可见到这种土坯房子。所揭露的房子墙体保存较高,最高处高达2.1米,它是迄今为止我国发现最早、保存最高和最好的土墙建筑,反映了当时较高的建筑技术。房子居住面采用红烧土铺筑,并高出房子外围的原始地面10厘米左右,居住面坚硬平整。东北部清理出用烧土筑成规整的散水遗迹。房子北面还发现一段与房子平行的残墙,残墙上保存有两个大门并与房子的两个北大门相对应,推测可能是走廊。”^①

这一考古发现表明距今5000多年前,江汉地区的房屋建筑已经达到了较高的水平,主要表现在:

1. 土坯砖的使用。应城门板湾遗址中土坯砖墙的出土是目前我国发现的最早使用土坯砖的实物之一,证明我国使用土坯砖的年代至少可以提早到距今5000多年前的屈家岭文化早中期。直到今天,土坯砖所砌之墙在发掘出土时仍然竖立在地面上,还保存有2.1米的高度,可见其砌筑水平之高。

^① 陈树祥等:《应城门板湾遗址发掘获重要成果》,载《中国文物报》1999年4月4日。

2. 多项防潮设施的采用。“江南卑湿，丈夫早夭。”（《史记·货殖列传》）为了防止潮湿的环境对人们健康的影响，屈家岭时期的人们在房屋的四周采用红烧土筑成散水，便于雨水的排放，减少雨水向屋内渗透；在房屋内采用红烧土铺筑地面，红烧土是一种经过烧制的粘土，与一般的粘土相比较，质地比较坚硬，吸水性与疏水性都比较好，保证了屋内地面的干燥；房屋建筑时有意使屋内地面高出房屋四周原始地面 10 厘米左右，进一步减少了房屋四周土壤中的水分对屋内的影响。

3. 尺寸达 88×90 厘米的多个窗户的设置，有利于室内的采光与通风；从窗户的框架痕迹明显这一出土时的现象来看，这种窗户的开启和关闭都是比较方便的；特别是将窗户做成近于落地的形式，与该房屋的用途可能有关。

仅从上述三点来看，距今 5000 多年前的屈家岭文化时期的土坯砖房的建筑水平已经是相当高的了。

三 屈家岭文化的古城

1. 湖北应城门板湾古城

古城址位于门板湾遗址的中心地带，城址平面近方形，其南北最大长度 550 米，东西最大宽度 400 米，古城总面积约为 20 万平方米，古城的年代为距今约 5000 年前后的屈家岭文化时期。考古发掘的资料表明^①：

（1）城墙采用一层黄土夹一层淤泥逐层填筑而成。所用的填土主要来自开挖城墙外边濠沟（护城河）的泥土，这一施工方法一举两得，十分科学而合理。

（2）从现存较好的西城墙看，城墙横截面为梯形，上窄下宽，

^① 陈树祥等：《应城门板湾遗址发掘获重要成果》，载《中国文物报》1999 年 4 月 4 日。

现上部残存宽度为 13.5 ~ 14.7 米,底部宽近 40 米,在西城墙的中段有一个宽约 40 米的豁口,推测为西城门。现存西城墙的顶部高度是:高出城外濠沟开口处 5.25 ~ 6 米,高出城内地面 3.5 米,城墙外坡陡峻,内坡平缓。外坡高而陡峻,利于防守敌人的进攻;内坡较矮而平缓,利于自身的行动。

(3) 濠沟的截面也为梯形,口宽底窄。口宽为 59 米,深度为 1.8 ~ 2.5 米,最深处有 3.5 米。濠沟的设置,不仅有利于对敌人的防守,也构成了城市的给排水体系,同时也有利于城内与外界的交通运输。

(4) 城内的东北部和西北部各有一个面积较大的高台,应该是当时城内主要的建筑遗址;在古城址的濠沟外侧,还发现了呈点状分布,但是环卫在古城四周的数个同时期的聚落遗址,构成了城内与城外的统一布局。

2. 湖南澧县城头山古城

城头山古城位于湖南澧县县城西北 12 公里的车溪乡南岳村,建造在由澧水及其支流冲积而成的澧阳平原西北部一个叫徐家岗的平头岗地的南端。该岗地平均海拔高度为 46 米,高出周围平地约 2 米,澧水的一条小支流鞭子河流经古城的东门后注入澧水。

城头山古城遗址的最早一期城墙是属于大溪文化一期的建筑,距今已经有 6000 年以上的历史,是采用挖掘城墙外围的濠沟后的粘土堆筑而成的。这一时期城墙的高度虽然只有 2 米,“但因它的基脚到濠沟开口尚有 1.5 米的高差,其下再有深 2.5 米的环境,三者组合起来,可以起到有效的防御作用。”该古城在初建之时其“规模和范围即已定型。因此,城头山古城应是我国目前

所见最早的一座城。”^①

城头山古城在历史上曾经多次加筑过,最晚的是屈家岭文化中期的城址,距今约有 5200 至 4800 年。所以目前在地面仍然可以见到古城屈家岭文化时期的夯土城墙和环绕城墙的护城河,城墙高出城外平地 5 至 6 米,呈相当规整的圆形,城内面积约有 8 万平方米。图 1—2 即为湖南城头山古城平面示意图。

张绪球先生在《长江中游新石器时代文化概论》^②一书中介绍:

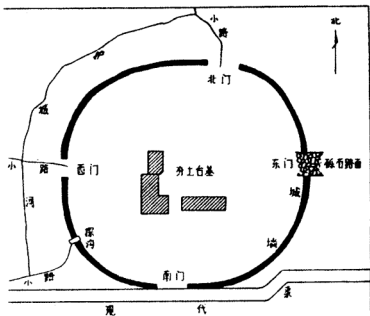


图 1—2 湖南城头山古城平面示意图^③

①③ 湖南省文物考古研究所:《澧县城头山古城址 1997~1998 年度发掘简报》,载《文物》,1999 年第 6 期。

② 张绪球:《长江中游新石器时代文化概论》,武汉,湖北科学技术出版社,1992 年,216~218 页。

(1) 现存的城头山古城是一座屈家岭时期的城址,城址的平面呈圆形,直径约 310 米。城墙用夯土筑成,底部宽约 20 米,顶部残宽约 7 米。城墙内坡平缓,呈 15 至 25 度;外坡陡直,如保存较好的北城墙外坡呈 85 度,几乎成垂直了。其防御功能十分明显。

(2) 城墙的东西南北各有一个缺口,两缺口相对,理应是当时的城门遗址。东城门正中有一条宽约 5 米,采用直径 5 厘米的河卵石整齐铺垫的道路,道路呈从内向外倾斜状,利于道路的排水。

(3) 城墙外有护城河,是利用天然河道与人工开挖的河道结合而成的。古城的北门就是一条城内外相通的水上通道,沟通了古城与外界的水上交通体系。同时,城内地面高于城外,城中心地区又高于城的四门,所以城内的积水可以从城的四门分别排入护城河。

目前,考古发现的屈家岭时期的古城已经有近十座之多。仅从上述两座古城的简略情况就可以看出,屈家岭文化时期的城市建筑设计思想已经逐步地趋于成熟。

第二节 栽培稻的起源和原始稻作农业

一 栽培稻的起源

研究表明,现代栽培稻主要有两大系列:亚洲稻与非洲稻。中国属于亚洲,所以这里所讨论的栽培稻的起源是针对亚洲稻而言,至于非洲稻则不属于本文的讨论范围。

有关栽培稻的起源问题已经进行过很长时间的研究,许多学者曾经提出过各种不同的观点,如起源于印度说、起源于中国的云南说、华南说、黄河下游说、长江下游说、长江中游说等等。然而随着考古工作的开展,特别是许多新石器时代中期、晚期遗址的发掘,出土了一些早期稻谷的实物,使得人们的注意力越来越

越向长江中下游地区集中,因为在长江中下游地区出土的栽培稻遗存数量最多,而且出土了目前时代最早的稻谷实物。根据严文明先生在1990年的粗略统计,“至今在中国已发现史前栽培稻遗存的地点有80多处,其中长江中下游即占64处,黄淮流域8处,云南、福建、台湾共7处,真正属于华南广东的只有两处。这固然与长江中下游考古工作开展较多有关系,但所占比例如此之高,加之所发现稻谷遗存最早,数量巨大,就不能完全用考古工作开展较多来解释,而是在很大程度上反映了历史的真实”^①。

1. 考古发现的几处早期水稻遗存的有关情况

(1)在湖南道县玉蟾岩遗址,1993年发掘出的稻壳经过鉴定是野生稻,但有人类干预的痕迹。1995年发掘出的稻谷,栽培稻特征明显,兼有野、粳、稂的特征;是一种从野生栽培演化的古栽培稻类型;是新石器时代早期的遗物,距今已有一万年以上的历史。

(2)江西万年县仙人洞及吊桶环两个遗址,在1993年至1999年间曾经进行过多次发掘,“吊桶环旧石器晚期之末的G层大量野生稻植硅石的发现,是我国长江流域首次发现的早于稻谷栽培的野生稻考古遗存;新石器时代早期E层中开始发现栽培稻植硅石,碳十四测定年代在公元前一万年以前,是现今所知世界上年代最早的栽培稻遗存之一,它为湖南道县玉蟾岩遗址发现的距今一万年前的栽培稻提供了有力的佐证,也昭示了赣鄱地区在中国乃至世界稻作起源的研究中具有不可忽视的地位和作用”。^②

(3)湖南澧县彭头山水稻遗存。1988年在该遗址的考古发掘中,发现在一些红烧土块中包含许多稻谷壳,出土的陶器中有些陶器的胎体是采用粘土掺和稻谷壳等植物碎屑制作的,表明这些稻谷壳是当时的人们制陶时有意加入的。严文明先生认

① 严文明:《中国史前稻作农业遗存的新发现》,载《江汉考古》,1990年第3期。

② 严文明等:《仙人洞与吊桶环》,载《中国文物报》,2000年7月5日。



为:初步观察发现这些掺和在红烧土和陶器中的稻谷壳“颗粒较大,形状也很接近现代栽培稻,无疑是栽培稻的遗存”;彭头山遗址的“年代大约是公元前7000至前5500年……应属于新石器时代中期的范围”。^①

(4)湖北宜都城背溪等地的水稻遗存。20世纪80年代在湖北宜都城背溪、湖北姊归柳林溪等新石器时代遗址中,在考古发现的红烧土和陶器的胎体中掺和有大量的稻壳等物,与彭头山的情况相似。城背溪遗址的年代上限接近于公元前6000年。

从考古学的角度看,彭头山遗址与城背溪遗址在地理位置上是相邻的,文化特征上虽然有差别,但大部分相同或相近,并都是大溪文化的前身,所以被认为是属于同一种考古学文化。被称之为“彭头山文化”或“城背溪文化”。

(5)浙江余姚河姆渡水稻遗存。河姆渡遗址中水稻遗存十分丰富,“单是1973年冬至1974年春第一次发掘时,就在第4文化层发现约400平方米的稻谷、稻壳和稻草堆积,其厚度从10~20厘米到30~40厘米不等,最厚处达70~80厘米。这是谷物腐朽和长期自然下沉的结果,原先的厚度当在1米以上。假如平均厚度只有1米,其中平均四分之一为稻谷和谷壳,换算成稻谷当在120吨以上,这是何等惊人的数字!说明当时稻作农业已有相当的规模。这里发现的谷粒已经炭化,但外形基本完整,颗粒大小接近于现代栽培稻,比现在野生稻要大得多。加上还有许多稻作农具共存,可以肯定这些稻谷堆积的遗存属于栽培稻的收获品”。^②河姆渡遗址第4文化层的年代约为公元前5000年至公元前4600年。河姆渡遗址的稻作农业已经如此发达,表明还有比它时代更早的栽培稻起源时期的水稻遗存和稻作农业

① 严文明:《中国史前稻作农业遗存的新发现》,载《江汉考古》,1990年第3期。

② 严文明:《中国稻作农业的起源》,载《农业考古》,1982年第1、2期。

遗址有待于人们去寻找与发掘。

以上仅仅列举了几处目前我国考古发掘中发现的时代最早的水稻遗存,比上述几处遗址年代稍晚一些的水稻遗存还发现了许多处,特别值得注意的是:在长江中游地区发掘的多处大溪文化、屈家岭文化、石家河文化等新石器时代中晚期或晚期遗址中,出土有大量的稻谷、谷壳或稻草。它们与彭头山文化(或城背溪文化)在时代上基本是前后相互衔接的,在文化内涵上大体上也是前后相联、不断发展的,所以反映在稻作农业上也是不断发展的。鉴于此,一些研究者提出长江中游地区是栽培稻的起源地。那么,这一地区是否具有栽培稻起源的某些条件呢?

2. 长江中游地区具有栽培稻起源的自然条件和社会因素

(1)气候条件。长江中游地区主要包括湖南、湖北、江西三省,河南的南阳盆地及陕西的汉中等地区;大致上位于北纬24度20分至33度20分、东经106度50分至118度这样一个区间内。从气候上看,这一地区主要属于亚热带气候区内,年平均日照数达1600~2000小时,年平均温度达16~17℃,年降雨量达1200~1400毫米。气候温和,雨量充沛,适应于水稻的生长。

(2)地理条件。这一地区内既有山地、丘陵、岗地,也有广阔的平原,如江汉平原、洞庭湖平原等。在这一地区,水流纵横,湖泊沼泽星罗棋布,其中湖北就是历史上有名的“千湖之省”。水网密布,不仅适应于野生稻的生长,同时也适应于人工稻的栽培。

(3)野生稻的分布情况。1978年~1982年,中国农业科学院和南方9个省区的数百个单位组成的全国野生稻资源考察协作组,考察了9个省区的306个县,初步摸清了我国野生稻的分布、种类、特征、生态环境和伴生植物等。根据公布的初步报告,我国普通野生稻的分布范围分成四个不相连的自然区,即海南岛区、两广大陆区、云南区和湘赣区。在地处长江中游的湘赣区内有两处重要的发现,即在湖南茶陵的一块湿地中,就有覆盖



面积达 50 多亩的普通野生稻存在。在江西东乡也发现了普通野生稻,其位置已达北纬 28 度 14 分。调查者指出:

江西东乡、湖南茶陵普通野生稻的发现,为我们在纬度比较偏北的地区寻找野生稻提供了启示,史前时期的江南气候比现在温暖得多,这正是普通野生稻能在这一地区繁衍的重要原因。^①

(4) 社会因素。长江中游地区的新石器时代文化,就湖南、湖北来说主要是城背溪(又称之为彭头山)文化—大溪文化—屈家岭文化—石家河文化系统,大致可以说是前后相连、一脉相承,生产的进步与人口的增加是必然的结果。严文明先生指出:长江中游地区“冬夏的差别要显著得多。就是夏季炎热,植物性食物生长茂盛;而冬季寒冷干燥,草木凋零,人们很难从大自然直接索取植物性食物,对动物的捕猎也难以保持经常而稳定的收获。随着文化的发展和人口的增加,这个矛盾就会日益尖锐起来,选择既能食用又耐储藏的植物来加以培育已成为社会的必需。长江中下游既有普通野生稻可供采集,人们自然会逐渐了解其食用价值和能耐储藏的品质,又由于长江中下游野生稻远不如华南那样普遍,因而更增加了用人工方法加以繁殖的必要性和迫切性。这大概是长江中下游稻作农业产生得较早并且发展得比较快的一个根本的原因”^②。

由于在长江中游地区发现了多处古代稻谷遗存,特别是距今约 9000 年前的稻谷实物的出土,一些学者认为长江中游地区才是我国最早的栽培稻的起源地。例如卫斯先生在《关于中国稻作起源地问题的再探讨》一文中提出了确定中国稻作起源地

① 全国野生稻资源考察协作组:《我国野生稻资源的普查与考察》,载《中国农业科学》,1984 年第 6 期。

② 严文明:《中国史前稻作农业遗存的新发现》,载《江汉考古》,1990 年第 3 期。

的三条标准：

1. 这一地区的地理环境、气候特点在全新世中期，必须适合稻谷的栽培，且这一地区有野生稻的广泛分布。2. 这一地区的考古发现，无论从年代序列上看，还是从文化谱系发展上看，都具有一定的连续性，尤其是旧石器时代晚期遗址和新石器时代早期遗址在这一地区都有较为普遍地发现。3. 这一地区发现的史前稻作遗存，在年代上不仅有属国内迄今最早地发现，而且仅次于这一年代的同类发现在这一地区仍然存在，并且其后表现得更加普遍。^①

这三条标准，长江中游地区的情况与之十分吻合。所以卫斯先生同时指出：

中国稻作起源地在长江中游的鄂西、湘西北地区，是距今9000年前的彭头山人最早创造了中国的稻作文化。中国的稻作文化在鄂西、湘西北地区产生之后，就迅速向四周传播开去，从国内现已发现的史前稻作遗存分布情况来看，中国稻作在鄂西、湘西北地区产生以后，向东，顺着长江而下传播到长江下游各地，再由海路向苏北及东南沿海各地传播；向西，溯江而上入川、滇；向北，溯汉水入陕南，入丹江口直至中原。向南则未出洞庭湖区。^②

二 原始稻作农业

1. 城头山遗址原始稻作农业的有关情况

(1) 水稻田

^{①②} 卫斯：《关于中国稻作起源地问题的再探讨》，载《中国农史》，1996年第3期。

在湖南澧县城头山遗址的发掘中,“1996年冬,在解剖(城头山古城)东城墙时,在第一期城墙和最早的文化层之下、生土之上,露出青灰色纯净的静水沉积,有很强的粘性。参与发掘的村民认为这是稻田土。将这层土表面整平,现出清楚的因一干一湿而形成的龟裂纹。挖取部分土样从中检选出稻梗和根须,和现在农田中所拔取的比较,简直没有区别。从局部的剖面观察,可以看见一根根往下伸展的根须或留下的痕迹,可辨识出当时采用的是撒播。在土样中还检选出炭化稻谷和蓼科、竹叶、田螺等动植物标本。

水稻硅质体检测结果是:……除极个别的为籼型或粳型外,95%以上稻叶硅质体为粳型。

香港大学对水稻田上层两个含碳标本进行了加速器测年,经校正后年代为4320~4055BC和4230~3985BC,均为95%的可能性。……表明城头山古稻田不仅在国内,在全世界也是目前已经发掘出来年代最早的”。^①

(2) 水稻田的田埂

“1997年冬……清理出由西北向东南走向的三条田埂。……三条田埂之间形成长条形的二丘田。这二丘田均是在比发掘区西部较低的原生土面往下挖出,同时保留田埂部位。待田里耕作土积高到与原生土田埂等齐时,再用人工在原田埂上加高堆垒成新的田埂”。其中,发掘出的“第一条田埂,实际上是较高的一级原生土面向较低的一级原生土面倾斜的坡面”。该道田埂“随田土抬高,只是田埂逐渐沿坡面后移,并不需要加高垒筑”。^②

(3) 水稻田的灌溉系统

“与水稻田配套的原始灌溉系统,有水坑和水沟。均在高出

①② 湖南省文物考古研究所:《澧县城头山古城址1997~1998年度发掘简报》,载《文物》,1999年第6期。

于稻田、位于稻田之西的原生土层,已发现水坑3个”。水坑1:锅底形,直径约1.2米、深1.3米;水坑2:直径1.2米左右;水坑3:直径约1.5米。

1997年冬在T1028发现水坑1,并发现由西南向东北注入坑1的两条小沟后,才意识到是作为灌溉用的水沟,进而挖除T3028的回填土,又新发现一条水沟,并把前两条水沟一直追溯到T3028的西壁。由于水坑、水沟无疑是与稻田配套的设施,不仅使我们认识到当时已有较为原始的灌溉系统,而且可以从沟中出土的陶片确认水稻田系汤家岗文化时所造,最低限度下层水稻田属于汤家岗文化时期,其年代距今6500至6300年左右,这和香港大学用几种方法的测年结果十分接近。^①

水稻田、田埂、稻田中保存的水稻秸和根须、与稻田配套的灌溉用的水坑和水沟,六千多年前长江中游地区稻作农业的概貌,十分清晰地呈现在我们面前。

2. 彭头山遗址原始稻作农业的有关情况

(1)彭头山遗址中出土的红烧土和陶器胎体中所掺和的稻谷壳的数量是比较多的,说明当时的人们在制造陶器时是有意加入了较多谷壳的。这也表明水稻的栽培已经开始或者已经有了一定的规模,否则,不可能有较多的谷壳加入到陶胎中去。

(2)彭头山遗址为一低矮的土岗,高出周围约三四米。它位于洞庭湖西北岸的澧阳平原上,南临澧水,北近武陵山余脉,周围都是平地。自然环境有利于稻作农业的形成和发展。

(3)彭头山遗址的下层发现有房屋的基址,“房基用黄沙铺

^① 湖南省文物考古研究所:《澧县城头山古城址1997~1998年度发掘简报》,载《文物》,1999年第6期。

筑,平地起建,墙壁栽柱。根据柱洞的排列,居室面积约 30 平方米”。它的构筑方式“与本地后续文化如大溪文化和屈家岭文化房屋基址比较相近”。^① 30 平方米的居室面积,表明当时的人们已经开始过着定居生活,是一个有一定稳定性的社会形态,利于定居农业的发展,其农业生产,当然应主要是水稻的种植。

(4) 彭头山遗址中出土的生产工具主要是石器,有打制石器和磨光石器,这些石器的主要功能是砍砸和切割,有的当然是用于稻作农业的。由于当地的土壤呈酸性,尚未发现骨制、木制的稻作农业用的工具。与彭头山遗址属于同一古代文化范围的城背溪遗址中出土有许多打制的石片,石片体很薄,其刃部留有使用后的痕迹。这类石片既可用于切割,也可用于收割稻谷。

裴安平先生指出:

彭头山文化的经济生活以采集、渔猎为主,兼有水稻种植与家畜饲养,但规模有限。^②

张绪球先生指出:

彭头山时期,聚落面积已达数千平方米的规模,制陶业已发展到一定的水平,既然如此,该时期的农业生产想必也已有了相当程度的发展。虽然稻谷在当时的饮食结构中还不可能占有主导地位,但在气候恶劣的季节里,至少可以使人们得以避免因狩猎和采集困难而被成群饿死,而这一点对于稳定和发展氏族的人口,是至关重要的。……从彭头山等地发现的较多的稻谷遗存以及相应的物质文化水平来看,当时的稻作农业

① 严文明:《中国史前稻作农业遗存的新发现》,载《江汉考古》,1990 年第 3 期。

② 裴安平:《彭头山文化的稻作遗存与中国史前稻作农业》,载《农业考古》,1989 年第 2 期。

已成为维系和推动氏族发展与繁荣的重要因素。^①

3. 关庙山遗址原始稻作农业的有关情况

(1)关庙山遗址位于湖北省枝江县,南距长江约8公里,是一处高出周围平地约4米的土坡,遗址的文化层自下而上为大溪文化和屈家岭文化等。遗址的年代约为公元前4000年至公元前3200年。

(2)关庙山遗址中出土的红烧土和陶器胎体中都有大量的稻谷壳,这些有意掺和到粘土中的稻谷壳可分为两类:一类是将舂稻谷时去除的谷壳直接加到粘土中;另一类是将预先被烧过、已成炭化的稻谷壳再加到粘土中。在制造陶器时对谷壳的两类不同的使用方法,不仅表明了制陶时掺和料使用技术的进步,同时也表明当时谷壳的数量是比较多的,该遗址是一处以稻作为主的农业文化遗址。

(3)该遗址中出土了大量的石器、陶器,其中有相当一部分是当时使用的工具。更为重要的是这些工具大多与稻作农业的生产有着密切的关系,例如:

①石铲。出土的石铲呈宽扁长方形,弧顶,两面磨出窄刃面。这种石铲是一种挖土的工具,与耜一样,适用于稻田中使用。

②石锄。出土的石锄有打制的也有打制后再磨制的。锄是一种横向装柄的工具,可以用于水稻种植中的起土、松土等。

③石刀。磨光石器,双面刃,刃缘中段微凹弧,这种形状的石刀显然是当时的人们用来收割稻谷等用的。

④石杵和陶臼。这两种工具十分明显是用来舂稻谷用的。直到20世纪二三十年代,杵和臼在民间仍然在使用,不过所用的

^① 张绪球:《长江中游新石器时代文化概论》,武汉,湖北科学技术出版社,1992年,45页。

已经是石臼了。

大量稻作所用工具的出土,不仅表示关庙山遗址是一处以稻作为主的农业遗址,同时也表明当时的水稻种植已经有了一定程度的发展。

(4)与关庙山遗址上层时代相近的湖北京山屈家岭遗址(屈家岭文化的命名地),1956 年仅发掘了 800 平方米的面积,就发现了一个面积约 500 平方米、体积约 200 立方米的红烧土遗迹,这一大片红烧土是用泥土加上大量的谷壳与植物的茎拌和后烧成的,红烧土中的谷壳密结成层。丁颖先生在《江汉平原新石器时代红烧土中的稻谷壳调查》一文中指出:

从图片的稃毛、粒形和标本测定看,这些谷粒当属于粳稻,且在我国是属于比较大粒的粳型品种,与今天栽培的粳型品种最为相近。^①

由此可以推测,关庙山遗址中出土的稻谷可能也是以粳型品种为主。

第三节 玉器制作技术

一 石家河文化的玉器制作技术

石家河文化是一种分布在长江中游一带的新石器时代晚期的古代文化,距今约有 4000 多年的历史。在石家河文化时期的遗址和墓葬的发掘中,常常有玉器出土。例如:

^① 丁颖:《江汉平原新石器时代红烧土中的稻谷壳调查》,载《考古学报》,1959 年第 4 期。

1992年在湖北荆州市马山镇枣林岗发掘了46座石家河文化时期的瓮棺葬,皆为成年人的敛骨葬,除了3座墓没有随葬品外,其余43座墓皆以玉器随葬,而没有其他质地的随葬品。据考古报告《枣林岗与堆金台》^①一书介绍,随葬玉器都出土于瓮棺内的底部,总数约200件,每座墓出土数量不一,多者十余件,少者仅一件。出土玉器中有完整器物;有玉器残件;有已经琢磨光滑并经切割成锥形,但未成器的玉器坯件;还有已经打制成块、初经研磨而外表面尚未光滑的石料。石料的材质有玉、玛瑙、水晶、绿松石、天河石、滑石、石英等,几乎包括了当时人们所能采集到的各类“美石”,其中以玉料为主,玉料中有软玉、岫岩玉、南阳玉3种。

从这些出土玉器所留下的痕迹中看出,当时玉器的制作工序为:取料、研磨、切割、钻孔、雕琢、抛光等一整套过程。据《枣林岗与堆金台》一书介绍:

切割:将料块按所需的基本形状和大小加以切割,以治玉砂为介质进行。切割均为直线,多以双面对切成槽后,再施加重力从中断开。

钻孔:主要是实心钻,有对钻和单面钻两种,有的钻孔正好在切割线上,很显然是开料成坯的一种手段。有的钻孔很细小,工艺要求较高。

雕琢:以减底浮雕为主,又以减底细微阳线线条最富特征。这批玉器中尚未发现阴刻线条,也未发现使用砣为工具的痕迹。在显微镜下观察,可见琢磨是以治玉砂为介质用磋磨的方法进行的。

在出土的玉器中有钻、镑、凿、刀等一批玉质工具计70余件,其中钻有15件。

^① 湖北省荆州博物馆编:《枣林岗与堆金台》,北京,科学出版社,1999年,15~52页。

钻为细长圆(或略扁)柱形,钻头细尖,呈凸乳状,钻身一般前端稍粗,尾端逐步变细,中部有一略收的“腰身”,有的玉钻中部还有钻孔。这种玉钻实际上只是一种钻头,其尾部套上一段直径比其稍粗的竹竿作钻杆(两者之间需扎牢),就与20世纪四五十年代木工所用的自制手工钻相似。当时的木工用钻,其钻杆为一长圆木棍,径约2厘米、长约30多厘米,前端稍粗并用铁箍加固,正中间安放一个呈菱形的铁镞作钻头;将一两端略窄、中间较宽并有一圆孔(孔径大于作钻杆用的圆木棍)的竹条套在钻杆中间部位,把一根细绳的两头分别拴在竹条两端,细绳的中部与钻杆尾部相交固定,竹条与细绳形成一个等边三角形,而钻杆尾部正好是这个三角形的高。使用时,将钻头对准需要钻孔的部位,先用手按顺时针方向转动钻杆几圈,细绳也按顺时针方向缠在钻杆尾部(此时为钻杆的上端),竹条位置上升;用食指与中指夹住钻杆,用力向下按竹条,因细绳的作用带动钻杆向反时针方向转动并随之使细绳按反时针方向又缠在钻杆上,竹条位置又上升,再次用力向下按竹条,钻杆则向顺时针方向转动。如此反复,只要用力均匀,竹条上下的不断运动,就转化成了钻杆的往复旋转运动。

石家河文化遗址中出土的玉钻一般都比较小巧,如编号为JZW M1:8的玉钻,长7.3厘米,径0.85厘米,是一种作精加工用的工具。出土的玉钻尾部稍细,中部有一略收的“腰身”;有的玉钻中部有小孔。这些都是为了在玉钻尾部套上一段直径比其稍粗的竹棍作钻杆用时,利于竹棍与玉钻之间捆扎牢固。因玉钻较小,需避免套上的竹棍与玉钻脱离。

二 良渚文化的玉器制作技术

良渚文化是分布在长江下游广大地区的一种新石器时代文化。根据考古发掘与研究,良渚文化的年代,上限距今约5260±

135 年,下限距今约 4200 ± 145 年,其下限年代与传说中的夏王朝起始年代相当。

在良渚文化遗址和墓葬的考古发掘中,常有大量的玉器出土。例如:20 世纪 80 年代江苏武进寺墩遗址 3 号墓中随葬玉器达百件以上,仅玉琮一种就有 33 件之多;1982 ~ 1984 年发掘的上海青浦区福泉山遗址,在 10 座良渚文化晚期的墓葬中出土玉器 450 多件;1986 年发掘的浙江余杭反山墓地,11 座良渚文化墓葬中出土玉器 1200 余件;1987 年发掘的余杭瑶山墓地,发现良渚文化墓 1 座,出土玉器 700 多件(组)。良渚文化玉器的品种主要有:琮、璧、钺、斧、镯、环、柱型器、带钩、串饰、管、璜、珠等。

良渚文化的玉制品不仅数量繁多、品种丰富、用途广泛,而且起始的源流、序列都比较清楚。牟永抗先生指出:

良渚文化玉器,根植于当地从马家浜文化开始,经崧泽文化逐渐发展起来的用玉风尚。整个长江下游地区的新石器时代文化,除马家浜文化所在的太湖地区外,还有钱塘江以南以河姆渡遗址为代表的宁、绍地区,以北阴阴营遗址为代表的南京及其临近的宁、镇地区两个类型。……这三个类型的新石器时代文化,均具有以玦、管、璜、珠组成的耳、颈饰物为特征的用玉传统。^①

就琢玉工艺而言,古代良渚人对玉器的加工制作,相当普遍地采用了以砂为介质的间接摩擦法。牟永抗先生在《良渚文化玉器·前言》中指出:

① 浙江省文物考古研究所等:《良渚文化玉器·前言》,文物出版社,1990 年,3 ~ 10 页。

首先在玉材的“开料”作业中运用了以片状硬性物件的直线运动为特征的锯切割和筋、弦等柔性物体作弧线运动为特征的线切割两种方法,表现了古人对玉材的珍惜和重视,并成为区别玉器和石器在制作技艺上的标志。^①

采用筋、弦的线切割,现在一般推测是采用动物的筋或麻等为工具,在加砂加水的情况下拉锯式地渐序前进。因此在开料的过程中,这种软性的锯索难免左右晃动和游离移位,在所开的玉料上会留下一些抛物线形的凹凸状弧痕。重要的是:这些采用软性工具开料过程中留下来的凹凸形弧痕,因凸痕会直接影响到玉器的造型常常被完全磨去,而凹痕在出土的良渚玉器上多数还保留有一定程度的痕迹,张明华先生在《良渚古玉界定》一文中指出:

笔者仔细观察过出土良渚玉器大量的实物和图录,除了个别的小件和图片因拍摄角度的关系无法看到外,这种凹弧痕几乎存留于良渚文化的每一件玉器上。^②

对于玉器上的钻孔、镂空等,“当时被大量使用的是以两面
对钻为特征的管状钻,它和线切割综合组成‘搜法’,是运用于镂空玉件和透雕纹饰的主要技艺”。^③

管钻法在良渚之前早已出现,一般认为良渚玉器上的圆孔是采用竹管、骨管在加砂加水的条件下,施压旋磨而成。这种采

① 浙江省文物考古研究所等:《良渚文化玉器·前言》,文物出版社,1990年,3~10页。

② 张明华:《良渚古玉界定》,载《南方文物》,1997年第1期。

③ 浙江省文物考古研究所等编著:《良渚文化玉器·前言》,北京,文物出版社,1990年,3~10页。

用竹管、骨管为钻杆的钻具,其结构应该与石家河文化中采用的钻具相似,类似于20世纪四五十年代民间木工所用的手工钻。

良渚文化出土玉器上的阴刻花纹,主要是徒手的直线雕刻。牟永抗先生指出:

在显微镜下观察,这些细如毫发的阴线,往往是由若干条划痕拼组而成,和砣雕琢的区别是显而易见的。^①

因此,可以看出,这些平直的阴线是采用尖锐的工具沿着平直的竹木片反复叠刻而成。良渚的玉匠们是使用什么工具来刻画这些细如毫发的阴线呢?当时金属工具尚未出现或才开始出现,不可能采用金属工具来刻画。那么唯一可能使用的工具只有石器,采用一些比玉石质地硬度更大的石料,如石英、金刚石、玛瑙等,打制成尖锐状,就成了刻画工具。在良渚墓葬中常常有鲨鱼牙齿出土,张明华先生采用鲨鱼来刻画良渚玉器上的阴线,效果不错。^② 如此可见,良渚玉器上的阴线相当一部分是采用鲨鱼刻画的。

良渚文化出土玉器上的浮雕是采用减地浅浮雕工艺制作的,减地浅浮雕也是采用治玉砂为介质,通过磋磨而形成的,这一点与石家河文化出土玉器上的阳线制作工艺是完全相同的。

浅浮雕上的一些圆形阴刻花纹则是采用管状钻制作的。这种不透状的旋钻工艺用在浅浮雕上来表现人、兽的眼睛是最为传神的。张明华先生认为:

用于人兽眼睛上的环槽形管钻痕,似乎是前人不见,后人

① 浙江省文物考古研究所等编著:《良渚文化玉器·前言》,北京,文物出版社,1990年,3~10页。

② 张明华:《良渚古玉界定》,载《南方文物》,1997年第1期。

不用,而为聪明的良渚人之首创和独创。^①

玉器的表面打磨,一般是使用兽皮类通过反复摩擦来达到表面光亮的。

繁密的阴刻线,和谐工整而生动的减地浅浮雕,连同光可鉴人的器表打磨,构成了良渚文化琢玉工艺的最高峰。^②

关于良渚文化玉器的制作工艺中是否采用了砣的问题,牟永抗先生在《良渚文化玉器·前言》中指出:

线切割和砣切割的痕迹不同,首先是两者作用力的方向不同,线切割的作用力表现为向心性,不时留下凸弧形的台痕;砣切割的作用力表现为离心性,用力方向指向圆弧的外缘。其次是线切割由于两端牵引力不可能始终保持在同一水平线上,而往往呈现波浪形的高低起伏;砣切割在砣具的有效半径内不会出现波浪形的起伏面。第三,线切割形成圆弧的合理半径,均小于被切割物体的最大径;砣切割时砣具的直径,至少倍于被切割的深度。一般地说,线切割时可能留下近似同心圆的弧线,砣切割只能出现等径圆,而决不会留下同心圆的弧线。据此,我们认为在良渚玉件的开料工艺中,目前还没有发现用砣的证据。^③

良渚文化与石家河文化是分别位于长江下游和中游地区的两种古代文化,均属于新石器时代晚期,其年代下限与我国历史

① 张明华:《良渚古玉界定》,载《南方文物》,1997年第1期。

②③ 浙江省文物考古研究所等编著:《良渚文化玉器·前言》,北京,文物出版社,1990年,3-10页。

上的夏王朝大致相连。两种文化遗址中出土的玉器上均无使用砣的痕迹,表明当时两地玉器制作工艺基本上处于同一水平。

以上所论述的玉器制作工艺在出土的良渚文化玉器上都有反映,例如:

1982年江苏武进寺墩出土的玉琮,扁方柱体筒形,外方内圆。孔为对钻而成,孔壁微弧,磋磨光滑。表面眼饰的外围系用管钻旋转而成。显微镜上测得,有的管钻阴线宽0.02~0.09厘米,阴刻线宽1~2丝米,最细的仅0.7丝米,细如发丝。^①

1982年江苏吴县张陵山东山M1:15玉质钺冠饰,其弧形孔系先用管钻法钻出圆孔后再向两侧加工扩大而成。

1987年余杭反山M12:87玉质柱形器上的12幅神人兽面像,是采用减地浅浮雕和阴刻细线相结合的技法雕琢而成的。

第四节 早期的漆器

漆,具有各种不同的种类。按其形成的途径进行分类的话,主要有天然漆和人造漆两大类。人造漆,顾名思义就是通过人工合成生产的漆料,它是随着近代化学工业的兴起与发展逐步诞生和发展起来的,这也是近百年来事,在古代是没有的。因此,这里所论述的漆是天然漆,也就是大漆。

在自然界,能产生天然漆液的植物有数十种之多,在我国也有多种。从古至今,我国劳动人民所使用的天然漆都是来自一种称之为“漆树”的植物。

漆树(*Rhus verniciflua*),原产我国,是我国一个古老的树种。今天,在我国的中部、西南部和东部的许多省份都有分布。

^① 浙江省文物考古研究所等编著:《良渚文化玉器·前言》,北京,文物出版社,1990年,3~10页。

天然漆,在我国又有大漆、生漆、国漆、土漆等各种不同的名称。此外,根据漆树的分布地带、海拔高度的不同等,在我国民间又有大木漆、小木漆等名称。大漆是我国的特产之一,至今还是我国大宗出口的一种商品。

大漆是漆树韧皮层中分泌出的一种液体,人们通过切割漆树的韧皮层来采集漆液,所以这种劳动被称之为“割漆”。从漆树的韧皮层中刚刚割出来的漆液是一种乳白色的液体,在空气中其颜色会逐渐地加深变成棕色、棕褐色和黑色。这种不经任何加工的漆液被称之为生漆(也称之为“原生漆”或“本色漆液”),人类最早使用的漆液应该即是未经任何加工精制的生漆。

漆,本作𣎵。《说文》曰:“𣎵,木汁,可以髹物,象形。𣎵如水滴而下。”漆字在古代文献中的出现,目前所知最早的当推湖北省随县曾侯乙墓出土竹简上的“漆”字。该竹简上记载有“漆甲”等内容,其“漆”字写作成“𣎵”,字的左边像是一棵树上有一滴水而下的形状,其右边十分明显的是一把刀,整个字的意思为:用刀将树木割破后从树上滴下树汁液。这是一个比较形象的字。曾侯乙墓的年代为公元前433年或稍晚几年,属战国早期。湖北省荆门包山2号楚墓出土竹简上也记载有“漆”字,如该墓出土有二件青铜樽,关于它们的装饰,该墓出土的竹简上记载为“皆彤中漆,外二金”,是指这二件青铜樽的内表面髹有红色漆,外表面用黄金与白银两种金属进行了镶嵌。其中漆字写成“𣎵”,该字右边也为刀或斧形的工具,与曾侯乙墓竹简上的漆字相近,也是一个比较形象的字。包山2号墓的年代为公元前316年,为战国中期。以上两座墓葬的出土文物充分证明,我国古代所用的漆都是从漆树上割下来的天然大漆。

一 长江流域考古发现的早期漆器实物

1. 1973年发掘的江苏省常州圩墩新石器时代遗址,是一处

马家浜文化遗址,其年代为公元前 4300 年~前 3200 年。在遗址的下层出土有两件喇叭形木器,一件木器的上部已残,上端较细,下呈喇叭状,内空,并有被烧灼的痕迹,器表上端涂成黑色,下端涂成暗红色,残高 18 厘米。另一件喇叭形残木器,表面涂黑色的涂料。这二件木器的涂料,黑色表面还微有光泽,直观同现在的漆没有什么差别。^①

2. 1987 年,在浙江省余杭县瑶山良渚文化遗址中出土了一件嵌玉高柄朱漆杯,高 29 厘米、口径 11 厘米、圈足径 12 厘米。据牟永抗先生介绍:

此杯为敞口,圆筒形,下接细而高的喇叭形圈足。形似现代的高柄酒杯。出土时,杯的胎体已朽,但通体内外壁原髹之漆膜仍保持原状,推知原器壁厚约二至三毫米。漆膜呈朱红色,涂布均匀,出土时仍有光泽感。在杯体与圈足的结合部及圈足近底处的外壁,各镶嵌一面弧凸、一面平整的椭圆形玉珠一周,从而使红色的漆膜和晶莹的白玉交相辉映,产生出特有的艺术效果。这是我国已知最早的嵌玉漆器。^②

良渚文化是位于长江下游地区的一支古代文化,其年代约为公元前 3300 年~前 2200 年。这件高柄朱漆杯的出土,证明了早期的人们曾把大漆作为颜料的调合剂和粘接剂来使用。因为朱漆杯上的玉珠不是通过镶嵌工艺,而是通过粘接固定在漆杯表面上的,这就表明大漆的粘接性能在使用初期就已经被人们所认识和了解。

3. 1973 年,在浙江余姚河姆渡遗址第四文化层中出土了一

① 吴苏:《圩墩新石器时代遗址发掘简报》,载《考古》,1978 年第 4 期。

② 《中国美术全集·工艺美术编 8·漆器》,北京,文物出版社,1989 年,图版 1~3 的说明。



件缠藤篾朱漆木筒,木筒长 32.6 厘米、直径 9.4 厘米、壁厚 0.7 厘米。据沈坤荣先生介绍:

此筒系用整段木料加工制成。内外壁错磨光洁,器壁厚薄均匀,断面略呈椭圆形。外壁两端缠有数道藤篾类圈箍,出土时呈金黄色。器壁外涂有一层较薄的朱色漆状物,虽历时久远,剥落较甚,但光泽仍依稀可见。这件朱漆木筒也是我国漆器发展史上最早的实物之一。^①

河姆渡遗址的年代约为公元前 4000 多年。

4. 1978 年,在浙江余姚河姆渡遗址第三文化层中出土了一件木碗,口径 9.2~10.6 厘米,高 5.7 厘米。据沈坤荣先生介绍:

此碗为木质,器壁较厚,口及壁部残甚,圈足稍外撇。壁外涂有一层薄薄的朱红色涂料,微见光泽。经用化学方法和光谱分析,此涂料为天然漆。这件漆碗是我国至今发现的最早的漆器之一,在中国漆器发展史上占有相当重要的地位。^②

5. 1955 年,在江苏省吴江团结村良渚文化遗址中发现一件漆绘彩陶杯;1959 年,在江苏吴江梅堰良渚文化遗址中又发现了一件棕地黄红两色彩绘黑陶壶,陶壶上的彩绘层曾进行过化学分析,发现此彩绘层与汉代漆器上漆膜的“反应相同,而和仰韶文化的彩陶、吴江红衣陶的试验结果迥异。”^③

由此推测这两件陶器上的彩绘层也是髹漆而成的。

①② 《中国美术全集·工艺美术编 8·漆器》:文物出版社,1989 年,图版 1~3 的说明。

③ 王世襄:《中国古代漆工艺》,《中国美术全集·工艺美术编 8·漆器》,文物出版社,1989 年。

6. 1997年10月至1998年1月,湖北省荆州博物馆对江陵阴湘城遗址进行了第四次发掘,考古工作者在大溪文化壕沟内的淤泥层中,清理出时代为大溪文化五期,即距今约5400至5000年左右的漆器两件:一件可能是簪,木质,残长7厘米,一端镂一圆孔,外表以红漆为地,再用粗细两种黑漆勾成叶脉等形状的图案。另一件可能是箭杆,竹质,外表髹红漆。

在该遗址中还出了一件屈家岭文化早期的漆器,距今约5000年左右,这是一件形状像钺柄的器物,在插入石钺的地方挖出很深的凹榫,全长59.5厘米、宽6.5厘米、厚0.8厘米。漆器表面以褐漆为地,其两侧图案大体相仿,在有的部位镂刻出几何图案后又在这些部位未刻的部分涂上一层黑漆,手握处前后又涂有红漆,凹字形红漆图案的下凹处又对穿一圆孔。^①

大溪文化、屈家岭文化,都是位于长江中游地区的新石器时代文化,前者最早发现于四川巫山县大溪,后者最早发现于湖北京山县屈家岭。大溪文化时期的漆器与屈家岭文化时期的漆器的发现,这是第一次。

二 出土的早期漆器实物所反映的几个问题

从以上所述的考古发现,我们可以看到以下几点:

1. 长江流域是我国古代最早使用大漆的地区,目前考古发现的早期的漆器实物大多数都是出土于长江流域。学术界一致认为,漆器是一种比较难以保存下来的古代文物,而长江流域由于气候温和、雨量充沛,漆器等古代文物一般是更难以保存到今天的。而上述考古发现的出土漆器实物已有十件之多,表明在新石器时代的长江流域,大漆已经在一定程度上得到了应用。

2. 从地域上来看,从长江中游到长江下游的多个新石器时

^① 贾汉清等:《阴湘城发掘又获重大成果》,载《中国文物报》,1998年7月1日。

代遗址中都有漆器出土,这就表明我国古代的早期漆器并不局限于在某一个地区出现,而是在许多地区都有发现。在几千年前的新石器时代中晚期,文化及科学技术的传播速度是十分缓慢的,所以当时的人们发现和使用大漆的地区可能不止一个而应该是有多个。由此推测,长江流域应该是我国最早发现和使用大漆的地区。

3. 上述考古发现的早期漆器实物在年代上有一定程度的延续性,从距今 7000 多年的浙江河姆渡遗址出土的涂漆木碗,到距今 4000 多年的良渚文化遗址出土的漆器,其间没有很长时间的间隔。虽然上述出土漆器的各种新石器时代文化之间并没有完全依赖的相互继承关系,但从长江中、下游的整个地区来看,大漆的使用没有完全中断确是十分明显的,上述的考古发现也证明了这一点。

4. 漆器制作技术的进步已经初露端倪。屈家岭文化遗址中出土的雕刻工艺与有髹漆工艺相结合的漆制品、良渚文化遗址出土的表面镶有玉珠的漆制品,都是早期漆器制作技术不断发展的结果。这两种漆器制作工艺在我国几千年的漆器生产史上占有重要的地位,直到今天仍然是漆器生产中的重要工艺之一。

三 河姆渡遗址出土漆木碗的讨论

前边提到的河姆渡遗址第三文化层中出土的那件漆木碗,因为时代早而引起国内外的广泛注意,当时有关单位曾采用红外光谱对河姆渡样品进行过分析,可惜无鉴定分析报告可供依据,曾引起包括笔者在内的一些研究者的怀疑。1990 年起,上海博物馆等几个单位联合研究,采用裂解色谱—富里叶红外光谱联用技术对漆木碗上的红色涂料进行检测,并且与出土的战国时期楚国的漆膜、出土的汉代漆膜、宋代漆膜及现代漆膜进行比较,最后确定木碗上的红色涂料是采用生漆为原料、调和天然硫

化汞为颜料在木碗外表面髹饰而成的。^①

河姆渡遗址位于浙江省杭州湾南岸的余姚市河姆渡村,遗址在 1973 年和 1977 年曾进行过两次较大规模的发掘,出土了大批的珍贵文物。发掘结果表明,距今 6000 多年前的河姆渡人已经定居(建造有大面积的“干栏”式房屋)、从事农业生产(种植水稻等),已经具有雕刻、绘画、陶塑等原始艺术,遗址中曾有漆树生长(在第四文化层中曾发现有漆树的花粉)。所以说,河姆渡人生产出漆制品是有其社会、物质等方面基础的。

河姆渡遗址的年代为距今 6000 多年至距今 7000 年,在这么早的古代,人们就发明了漆制品,确实是令人惊叹的。所以,河姆渡漆木碗的出土在国内外曾引起轰动。由此联想到在湖北省枝城市与湖南省澧县一带发掘的彭头山文化(又称之为城背溪文化)遗址,其年代为距今 6000 多年至 7000 年,早期遗存可到距今 8000 年至 9000 年前后,与河姆渡遗址的年代相近或更早一点,这些遗址中已经发现有陶器、人工栽培的水稻甚至还有古城等遗物,这里理应有漆制品出现,只是目前尚未发现而已,因为在比之稍晚的大溪文化遗址中已经发现有漆器的痕迹。

四 人类早期用漆的原因

新石器时代的中晚期,由于人类定居程度的不断增加,农业、养殖业等的发展,生产资料的丰富、剩余程度也不断地增加。在物质生活条件得到改善的同时,人们的精神生活也随之丰富起来;细石器和彩绘陶器的大量出现和使用,玉器的出现和使用等都是这方面的表现。漆的发现与使用也是在这种情况下产生和发展起来的。

^① 陈元生等:《史前漆膜的分析鉴定技术研究》,载《文物保护与考古科学》,第 7 卷 2 期,1995 年。

使用天然颜料进行装饰或美化是人类的天性。远在几万年前的“山顶洞人”时期,人类已经采用了天然赤铁矿的粉末将物品涂成红色,其目的就是为了美丽好看。为了达到涂刷装饰的目的,使用颜色时首先必需采用一种液态物质作为固态颜料的调合剂和粘接剂。没有这类调合剂和粘接剂,固体颜料的粉末就无法比较牢固地涂在器物的表面。人类最早使用的调合剂和粘接剂是水,但是用水混合的颜料涂刷之后一经干燥就易脱落;人类早期还可能使用了谷类胶液作为颜料的调合剂和粘接剂,这类物质对颜料虽然有比较好的粘接作用,但受潮或遇水后表面容易发粘而损坏。如何找到一种没有上述缺陷的胶液就成了先民们面临的一大难题。

在古代人类的生活中,用石器砍伐树木是一种经常性的劳动,砍破树木的表皮后,带有一定粘性的树木的分泌液定会引起人们的好奇与注意,然而大多数树木的韧皮层中分泌的液体量比较少或分泌出的液体在空气中很快就凝固了,无法为当时的人们所利用。而在亚热带地区广泛生长的漆树,当其树皮被砍破后,就会有较多的液体从韧皮层中分泌出来而滴下,同时这种乳白色的树液在空气中能够较长时间地保持其胶状的液体状态,但其颜色会逐步地变深而最后变成褐色的硬块。漆树韧皮层分泌液的现象,在长期的实践中一定会引起古代劳动人民的注意。

此外,人们在砍伐树木时当然也会砍伐到漆树,在砍伐漆树时不可避免地会出现漆液粘到手上或身上的情况,如果将粘在手上的漆液随手涂抹在衣物或其他器物(如砍伐下来的木片)的表面,一段时间过后,被涂抹的树液在衣物或器物上就形成了一块褐色的硬膜,这种硬膜不仅粘接得比较牢固,而且不易被水洗去,这些现象也一定会引起古代人们的注意。长此下去,人们就会有意识地去采集漆树的分泌液并使用它们,这就是人类最初

使用大漆的开始。

大漆是一种粘稠状的液体物质。人类最初使用大漆就是将它作为一种涂料涂染在其他器物的上面,大漆在空气中能自动地形成黑褐色的漆膜,从而能以改变其他器物的外观颜色,这也是人类早期对大漆的最初认识。人类进而尝试将其作为颜料的调合剂和粘接剂来使用,当然这中间经历了一段时期,但是这段时期不可能是很长的。到目前为止,我国考古发现的最早期的漆制品,大多数都是彩色的,其原因也就在这里。

从根本上讲,大漆的使用是人类的物质生产达到一定的水平之后,为满足人类精神生活某一方面需要的结果。由此可见,人类最早使用大漆的目的主要就是为了装饰。关于这一点,在我国古代的文献记载及出土文物中都有反映。

《韩非子·十过》篇中记载:

尧禅天下,虞舜受之,作为食器,斩山木而财之,削锯修之迹,流漆墨其上,输之于宫以为食器,诸侯以为益侈,国之不服者十三。舜禅天下而传之于禹,禹作为祭器,黑染其外而朱画其内。

王念孙注曰:“染,当为漆,谓黑漆其外也。”

虞舜和大禹都是我国历史上原始社会末期(即新石器时代晚期)著名的部落首领,他们所使用的漆器都是彩色漆器,说明我国早期应用大漆就是将其作为颜料的调合剂和粘接剂来使用的。浙江余姚河姆渡遗址出土的漆木碗,就是在木碗的外表面髹有红色的大漆,髹在外表面的目的当然是为了装饰。

总之,在新石器时代中晚期,随着生产的发展与社会的进步,人们在物质生活逐步丰富的基础上,精神生活方面的要求也不断出现。为了美化生活,人们需要一种比较适用的天然颜料

的调合剂和粘接剂,以满足人对许多用品装饰的要求。正是在这种社会背景下,我们的祖先发现了大漆并发明了大漆使用的方法。在我国新石器时代中晚期遗址的考古发掘中,在各地相继发现了一批古城、金属制品或冶炼金属的遗迹、早期的文字及刻画符号;在湖北应城发现了距今 5000 年左右屈家岭文化时期的古城;在湖北天门发现了距今 4000 多年石家河文化时期用于炼铜的孔雀石;在湖北宜昌杨家湾发现了距今约 4000 多年刻在陶器底部的刻画符号等。这些古代遗物的存在,表明人类文明的曙光当时已经在中华大地上出现。因此,从社会发展的一个侧面来看,大漆的发现与使用也可以说是中华民族文明起源的标志之一。

我国使用漆的历史不仅十分悠久,而且影响广泛。不仅仅是我国周边的一些亚洲国家,如日本、越南、朝鲜等国的古代漆器生产曾与我国的古代漆器生产有过联系,就是原来没有漆树分布的欧洲一些地区,也是自 1874 年开始从我国引进漆树到欧洲各地栽培后才有了漆树的栽培和生漆的生产。^①可以说,大漆的生产和使用是中华民族对人类的重要贡献之一,也可以说是生活在长江流域的先民们对人类的重要贡献之一。

第五节 长江三峡地区新石器时代的科学技术

三峡位于长江上、中游,是闻名世界的风景名胜区,江水湍急、一泻千里;山高林密、峡谷幽深,交通不便。然而,很早以来,这一地区就有人类活动,特别是距今 5000 多年前的新石器时代中晚期,许多人类活动的遗址还保存至今,分布在三峡各处。著

^① 肖育檀:《中国漆树生态地理分布的初步研究》,载《陕西生漆》,1979 年第 3 期。

名的考古学文化之一的大溪文化,就是以首先在四川巫山县大溪镇发掘的新石器时代遗址命名的。所以,三峡地区发现的新石器时代遗址,多数都是属于大溪文化的范畴。

一 石斧制作技术

随着三峡水利工程建设的开工,三峡地区的有关文物保护与考古发掘工作得以迅速地展开。考古资料表明,在三峡各处所发掘的新石器时代遗址中,都有大量的石器出土,特别是石斧的数量比较多。例如,位于三峡坝区的宜昌中堡岛新石器时代遗址,1979 年进行发掘的属于大溪文化一期的遗存中出土石器 461 件,其中石斧就有 233 件,占出土石器总数的一半以上;同年发掘的该遗址内属于大溪文化二期遗存中出土石器 542 件,其中石斧 209 件;属于大溪文化三期的遗存中出土石器 1091 件,其中石斧 433 件;属于大溪文化四期的遗存中出土石器 1140 件,其中石斧 679 件。^①

为什么石斧的数量如此之多呢?这与三峡地区的地理环境有关系。因为,山高林密,树木很多,砍伐工具的使用场合也比较多,而石斧正是一种比较有力的砍伐工具,从出土的大量石斧的刃部常常可以看出其使用的痕迹,表明它们均是当时的实用器。

宜昌中堡岛遗址出土的石斧,曾经进行过石质的鉴定,结果表明这些石斧主要是采用喷出岩类(包括凝灰岩、流入岩等)、侵入岩类(包括闪长岩、角闪岩及部分绿灰岩、细粒花岗岩等)制造的。这些岩石坚硬,制成后的石斧具有较好的使用性能。而采用硬度比较低的沉积岩类、变质岩类的石材制成石斧的数量比较少。这一点说明,当时人们对于制造石斧的材质的选择已经

^① 湖北省宜昌地区博物馆等:《宜昌中堡岛新石器时代遗址》,国家文物局三峡工程文物保护领导小组湖北工作站编:《三峡考古之发现》,武汉,湖北科学技术出版社,1998 年,211~254 页。



有了初步的认识。

有关石斧的制造工艺,出土文物中已经有了例证。1986年10月发掘的宜昌县朱家台新石器时代遗址中,出土了石斧的成品和半成品数十件,可分为:石片、石斧坯、石斧三类。它们分别代表石斧制作工艺的三个阶段。

石片:均为砾石石片,背面为砾石面,绝大部分石片宽大于长。在石片的一边(不是一端)留有明显的打击点。石片没有台面(有人称之为零台面),背面和破面相交形成一个锐夹角。产生这种石片的打片方法与旧石器时代的“锐菱砸击法”颇为类似。

石斧坯:将石片的四周边缘(主要是两侧长边)进行加工,采用两面打击的方法将石片打制成石斧的雏形。

石斧:将石斧坯进行打磨,由于在第二步加工时打击的疤痕太深,致使许多石斧在通体打磨之后,两面仍留有石片疤的痕迹。^①

三峡地区出土的石斧中相当一部分是没有或很少进行过打磨加工的,这些看起来相当粗糙的石斧绝大多数都是采用砾石(就是河滩中常见的鹅卵石)打制而成,这种随处可见的石材为石斧的大量制造提供了充足的原料。正是这些原料来源充分、加工工艺简单的石斧的大量使用,为当时的人们提供了一种砍伐森林、开垦荒地的有力工具。从大溪文化一期到四期的数百年间,在当时的石质工具中,这种石斧一直占据着头等重要地位,被人们大量使用,可见,大溪文化的发展与进步应该与此有着密切的关系。

① 湖北省博物馆三峡考古队第三组:《宜昌县朱家台遗址试掘》,国家文物局三峡工程文物保护领导小组湖北工作站编:《三峡考古之发现》,武汉,湖北科学技术出版社,1998年,305页。

二 陶器表面的陶衣制作工艺

从三峡地区出土的新石器时代陶器实物中可以看到,早期的陶器大都是手制的;后来有了陶轮,出现了先经手工成型再经慢轮修整而制造出的陶器;到了大溪文化晚期才出现快轮制陶。所谓快轮制陶,就是“利用轮盘(陶车)快速旋转所产生的惯性力,将置于轮盘中央的泥料提拉成所需形状的坯体这一工艺过程而言。”^①在有关的大溪文化遗址中曾经出土过帽式陶转盘,这是一种陶车上的构件,它的发现也说明在三峡地区新石器时代的制陶工艺中已经开始使用陶车。

三峡地区新石器时代遗址出土的陶器中有一些表面涂有陶衣的陶器,陶衣的颜色以红色为主,也有其他颜色(如黑色等),这种涂有陶衣的陶器表面大都还进行过磨光,所以特别显得美观。这种陶衣制作技术可以说是当时制陶工艺的特色之一。

李文杰先生指出:

陶衣也称色衣,是在坯体表面附加一层特制的经过淘洗的细泥浆,主要起装饰作用,使器表更加光洁美观,还有加固器壁和减少液体渗透的作用。……红色陶衣的着色剂是氧化铁,其原料是含铁量较高的红粘土泥浆。^②

所以,制作带有陶衣的陶器就涉及到下面多种技术问题,现以红色陶衣为例:

1. 陶衣原料的选择与加工

首先是要寻找比较纯净的红色粘土,挖掘、运输及加工时最

① 李文杰:《中国古代制陶工艺研究》,北京,科学出版社,1996年,136页。

② 同①,138页。

好不要与其他粘土或杂物相混淆,以免造成污染而影响陶衣的色彩。挖掘回来的粘土必须进行淘洗,去除沙石等杂质,制成浓度适宜的细泥浆。泥浆的浓度不能太大,太大时制出的陶衣就比较厚,使用过程中容易发生脱落;泥浆的浓度也不能太小,太小时制出陶衣就比较薄,难以达到光洁美观的效果。

2. 陶衣的涂刷

李文杰先生指出,这些陶衣一般是采用涂刷法涂在陶器表面的,这是因为:

(1)大多数陶器并非全身有陶衣,例如有的圈足碗,全身外表和圈足内壁有红陶衣,外底中央有呈圆形图案的红陶衣,但是器身内壁和圆形图案的周围没有红陶衣……如果采用浸浆法是不会形成上述状况的。

(2)有些折沿圈足罐、小口高领罐和圈足盆外表的红陶衣上留有呈平行线的涂刷痕迹,显然是将坯体置于陶轮上,边旋转边用类似毛刷的工具沾泥浆涂刷而成的。^①

从红陶衣上“呈平行线的涂刷痕迹”和彩陶上的花纹来看,当时已经有了类似于毛笔和毛刷类的工具。

在陶坯上涂刷红陶衣的时机,以陶坯将干未干之时为好。如果陶坯太湿,涂刷上的细泥浆难以被陶坯表面吸收,还会使陶坯增加水分后变软而发生变形;如果陶坯太干,涂刷上的泥浆被大量吸收,会引起陶坯的湿膨胀、变形、变酥或开裂等。李文杰先生指出,根据现代有关陶器厂的测定结果,当陶坯内的“含水量为11%~12%时”^②,最适宜涂刷陶衣的泥浆。

① 李文杰:《中国古代制陶工艺研究》,北京,科学出版社,1996年,138~139页。

② 李文杰:《中国古代制陶工艺研究》,北京,科学出版社,1996年,139页下注②。

3. 陶衣的磨光

陶坯表面涂刷上陶衣用的泥浆,并稍稍干燥后,就要进行磨光,确切地说应该是研光,即用坚硬光滑的鹅卵石在陶坯的表面进行磨压,目的是将涂刷上的细泥浆与陶坯的表面粘接牢固;同时使泥浆中的颗粒更加致密,从而使烧制出的陶器表面光洁美观。

三 刻画符号——文字的萌芽

我国古代文字起源问题一直是学术界关心和研究的重要课题之一。因此,考古发掘中出土的带有早期图画或符号等有关文物,特别值得人们的注意。在三峡地区的考古发掘中就出土了200多个带有刻划(画)符号的早期陶器碎片,这对于研究古代文字的起源,具有重要的意义。

1981年,宜昌地区博物馆在宜昌县杨家湾大溪文化遗址的发掘中,出土了一批带有刻画符号的陶器碎片。据《宜昌杨家湾遗址的彩陶和陶文介绍》一文中公布的资料,“刻画符号均出于器物圈足底的外面,即底部外,底内均无,刻画符号的残片较多,仅见完整器的有敛口圈足盘的圈足底外部,敛口圈足碗的底外部,刻画符号就有74个。这些刻画符号均是在泥质红陶圈足、泥质黑陶圈足、内黑外红但圈足为完全红陶圈足中出现,有的刻画符号是只出现一次,有的刻画符号是在不同的圈足上反复出现多次,由此可以看出,这些符号的多次出现,可能不是单纯的几何绘画,而是用来表达语言的记事符号,表示原始记录语言的固定含义,这些刻画符号根据笔画和刻法的不一,应该是能分类别的,这将有待于今后过细的研究工作。”

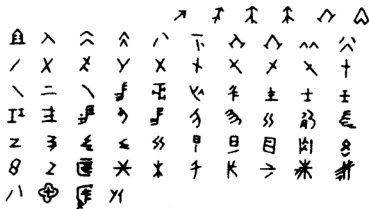


图 1—3 宜昌杨家湾遗址出土刻画符号①

从出土的实物可以看到,刻画符号的刻画方法有两种,一种是在陶器烧制前刻画上去的,也就是在陶坯上刻画的,在所出土的 74 个刻画符号中占 63 个,所用的工具为尖锐的木签、竹签、竹刀、骨锥、骨刀等,这可以从陶器上所刻画符号的深度、宽度都比较均匀得到证实;另一种是陶器烧制后刻画上去的,在所出土的 74 个刻画符号中占 11 个,所用的工具应是比较坚硬的尖锐石器,这也可以从所刻画的符号不规则,笔画的深度不一致得到证实。②

1993~1994 年,湖北省文物考古研究所在宜昌杨家湾一个新石器时代遗址的发掘中,又一次出土了带有刻画符号的陶器残片 100 多件,这是杨家湾遗址的第六次发掘,前 5 次几乎每次都有带有刻画符号的陶器残片出土,其中上面已经介绍过的是第二次发掘,出土了 74 个带有刻画符号的陶片,使杨家湾遗址成为我国目

① 宜昌地区博物馆:《宜昌杨家湾遗址的彩陶和陶文介绍》,国家文物局三峡工程文物保护领导小组湖北工作站编:《三峡考古之发现》,武汉,湖北科学技术出版社,1998 年,183 页。

② 余秀翠:《宜昌杨家湾在新石器时代陶器上发现刻画符号》,载《考古》,1987 年第 8 期。

前出土刻画符号最多的一处史前遗址。除此之外,在宜昌县清水滩等新石器时代遗址中也都出土过带有刻画符号的陶片。

陶器上的刻画符号在黄河流域的仰韶文化、甘肃的马家窑文化、山东的大汶口文化中都有过发现,位于三峡地区的宜昌杨家湾新石器时代遗址中多次刻画符号的发现,为这一问题的解决增添了新的资料。林邦存先生指出:

近年林小安先生根据杨家湾第二次发掘发现的 70 多个陶器上的刻画符号,撰文认为它们比仰韶文化发现的陶刻画符号更接近于商代的甲骨文。^①

也曾经有热心的研究者对杨家湾出土的刻画符号进行过研究,认为这些刻画符号就是古代的文字,与我国现今某个少数民族的古代文字相似,同时还对这批刻画符号进行了释读。但是,这一研究结果由于论据不足,在我国考古学界、古文字学界没有得到任何的一点反应或认可,所以对其真正的涵义至今还仍然是个谜。

不过,杨家湾遗址第二次发掘出土的刻画符号有三点是值得注意的:

第一,这些出土的刻画符号几乎全部位于陶器圈足的外底部,与我国后来的陶瓷器上的款识所处的位置完全一致。由此推测,这些刻画符号可能也同样带有款识的某些涵义。

第二,这些刻画符号中大多数是在陶器烧制前刻画的,少数是在陶器烧制后再刻画的。这就表明这些符号是当时的人们有意刻在陶器上面的,而且是必须刻在该件陶器的上面。所以在

^① 林邦存:《宜昌杨家湾遗址的重要考古发现和研究成果》,载《中国文物报》,1994年10月23日。

陶器烧制之前就要进行刻画,少数没有刻画的在烧制后被发现,认为有必要刻画时再加以刻画。

第三,在此次发现的74个刻画符号中,有的刻画符号是出现在多个陶器上面,表明这些陶器具有某种共同点或某个共同的涵义,而该符号正是表示这种共同点或共同涵义的标识。从这一点来说,该符号就带有了文字的固有特性。

鉴于上述三点,进一步证明了这些刻画符号“不是单纯的几何绘画,而是用来表达语言的记事符号,表示原始记录语言的固定含义”的看法是正确的,由此也说明这些刻画符号正是我国古代文字的萌芽。

第二章

“三大文化”中的 科学技术(商周时期)

第一节 巴蜀文化中的科学技术

关于蜀国的历史,在正史中几乎不见踪迹,仅在后代人撰写的地方志或读书笔记中有简略的追述。相传蜀地有蚕丛、柏灌、鱼凫、杜宇、开明诸王朝,但都不甚清晰,所以有“蚕丛及鱼凫,开国何茫然”(唐·李白《蜀道难》)的感叹。然而,解放以来的考古工作,特别是1986年发掘的四川广汉三星堆一、二号祭祀坑,终于初步地揭开了古代蜀国的神秘面纱。

一 土坯工程技术

1. 土坯在城墙建筑中的应用

三星堆,看起来是三个大土堆,实际上它们是三星堆古城遗址中南城垣的一部分,因为南城垣上有两个大缺口,将城墙分为三段,几千年的历程,风霜雪雨使城墙坍塌剥蚀成了三个锥体状,所以现今的人们称其为三星堆。

根据陈德安先生等所著《三星堆》一书介绍,三星堆古城遗址的东、南、西三面都有古城墙,北面虽然没有城墙,却面临鸭子河(古称“洛水”,今名湔江,当地人称鸭子河)为天然屏障。古城

址是南宽北窄的梯形布局,现存面积达3.5平方公里,是目前我国考古发现的商代城址中最大的一个。发掘资料表明,该城址始于商代早期,使用至商代晚期或西周早期。现存的东城墙长约1000多米,顶宽20多米,基宽40多米,现存高度约4米。其结构由主城墙、内侧墙和外侧墙三部分组成,系用五花土为原料采用分段夯筑法筑成。主城墙多为平行夯层,外侧墙和内侧墙多为斜行夯层,在主城墙的顶部采用了土坯砖作为城墙建筑材料,为我国早期使用砖坯作墙的例证之一。^①

我国民间常有“秦砖汉瓦”的说法,实际上战国时期的铺地砖在楚国故都纪南城等地早有发现。我国古代将砖用于建筑物之前,使用的是土坯砖,也就是没有经过烧制的砖。

古建筑中墙体使用土坯的历史可以追溯到新石器时代中晚期,目前所知在龙山文化晚期已经出现,如河北安阳后岗遗址的地面圆房子、河南淮阳平粮台龙山文化城址的门房、湖北应城门板湾屈家岭文化时期的土坯房等。这些古代建筑物上所用的土坯大小不一,一般长20~45厘米、宽15~20厘米、厚4~10厘米,采用错缝叠砌,用黄泥等稀泥浆粘合。这种无统一规格的土坯一直沿用到商周,如河北藁城台西的商代遗址等。

三星堆古城墙的主城墙顶部采用土坯砖作为建筑材料,在当时的城墙建筑中是一种比较先进的建筑方法。这是因为:

(1)克服了施工中墙体发生坍塌的危险,增加了城墙的强度。当城墙的外侧墙和内侧墙夯筑就绪后,在主城墙的顶部再行加高墙体,其墙体边缘部分由于又高又呈垂直状,无论采用夯筑法或版筑法,都会发生边缘墙体坍塌的危险。而改用土坯砌成,情况就不同了,由于土坯是预先制好的,已经成形,砌在主城墙的顶部,可以自然地形成一个整体,坍塌的危险减少许多;此

^① 陈德安等:《三星堆》,成都,四川人民出版社,1998年,1~20页。

外,所砌筑的土坯墙的边缘可以部分地压在内侧墙和外侧墙上,增加了主城墙与内、外侧墙之间的牢固程度。

(2)加快了施工的进度。在夯筑城墙的同时或之前就可以进行土坯的制作,当城墙夯筑完毕后,立即就可以将预先制作好的土坯运到主城墙顶部砌筑起来。

2. 土坯在土台建筑中的应用

成都驷马桥北外的羊子山,实际上是一个大土丘,原来是用土坯和夯土构筑而成的土台基址,它是一处古代蜀国用于宗教祀典的神圣场所。根据林向先生在《羊子山建筑遗址新考》^①一文中介绍:

(1)羊子山土台的建筑方法是,先用土坯四周砌成土墙,墙内再用粘土夯筑而成。

(2)羊子山土台的总面积约为 10700 多平方米,土台高过 10 米,在商代和西周时期的同类土台中是比较大的。

(3)“羊子山土坯边墙的砌筑规模宏大,中心一台,边墙厚 6 米,高 10 余米,用平铺齐缝叠砌,每隔 10 层从内壁收分 12 厘米,这实际上是达到了大体量的错缝砌筑的目的。粘合剂用灰白色的细泥浆,粘接紧密,填土夯筑后浑为一体,数千年后清理时边墙依然整齐。”“这样的土坯工程技术无疑在当时是属于领先地位的。”

(4)早在仰韶文化时期,已经出现夯土地基,夯具是木棒。商代已经有了版筑法,但是“羊子山土台体量太大,难以采用版筑法,而要求做到边沿整齐,就采用以土坯筑边墙,以墙代版,墙间填土分层夯筑的办法,这在当时应该是一项发明。”据推算,羊子山土台共用土坯近 140 万块。

(5)“用这种建筑方法可以省工省料便于施工。土坯可以预先制备,择地制作,施工的时间与场地都可有安排地错开。土坯

^① 林向:《羊子山建筑遗址新考》,载《四川文物》,1988 年第 5 期。

边墙不拆,变成夯土的一部分,省去装拆版筑的工序,是一项成功的技术措施。”土坯墙内的“夯土用圆形的木杵或石锤夯打,夯端直径可以观察到的为9厘米”,“这大概与此地的夯土取自成都的粘土层,土质粘而发硬有关”。

(6)羊子山土台所用的土坯制作精细,规格统一,是采用净土加上经过选择的茅草作筋拌和后制成,长65厘米、宽36厘米、厚10厘米,侧缘端齐,“可见是用木匣夯制的,上下面有用木杵舂打的印迹,质地坚固。”我国土坯按制法分为几种:手模坯、杵打坯、砑子坯。羊子山土坯明显属于“杵打坯”,其性能最好,抗压力最大。

仅从土坯制作工艺来看,采用净土为原料、使用木匣制作、选用茅草作筋等,这一工艺是在新石器时代晚期土坯砖建筑的基础上不断发展的结果。值得注意的是:直到20世纪四五十年代的中国农村仍然是用如此的方法在制作土坯,由此可见,数千年前古代蜀地劳动人民的土坯工程技术成就是何等先进。

二 青铜制作工艺

根据陈德安等先生的研究,1986年在三星堆发掘的两个祭祀坑,一号坑的年代相当于殷墟一期,二号坑的年代相当于殷墟二期,两个坑的年代相距百年左右。两坑内埋入的文物,原均为国家宗庙用器。它们为什么会被打坏、烧残、埋入深坑,并加以填土夯实,不让留存于世呢?这和杜宇氏取代鱼凫氏、开明氏又取代杜宇氏的两次历史事件有关。^①所以这两个坑内出土的大量青铜器、金器、玉器等所反映出的科学技术,就代表了商周时期蜀国的科学技术水平。

1. 陶范制作技术

两个祭祀坑中都有大量的泥芯出土,这些泥芯正是铸造青

^① 陈德安等:《三星堆》,成都,四川人民出版社,1998年,1~20页。

铜器所用的陶范中的内范。陈显丹先生在《广汉三星堆青铜器研究》中介绍：

根据出土的泥芯分析，陶范的泥砂是经过淘洗的。淘洗的目的，一方面是把泥料按粒度分级；一方面是把泥料中所含碳酸钙、硫酸盐等有机物溶于水中，以减少这些盐类的危害。否则会造成降低耐火度、烧结温度和增加发气性。其原料主要是经过加工粉碎的砂和泥土，经有关单位对祭祀坑内出土的泥范分析，加工陶范的泥砂主要成分是石英和长石，其他还有方解石、褐铁矿、白云母、绿泥石和少量的白云石等。以泥土作粘合剂。另外在泥芯中还分离出极少的植物纤维。这与中原殷墟出土的泥范中拌和切碎的植物茎和麦秸等草料一样，使泥范在阴干时不致开裂变形。^①

另据曾中懋先生在《广汉三星堆祭祀坑出土铜器成分分析》一文介绍，泥芯是由泥和砂两部分组成，其中砂是经过加工筛分的，80目至120目的细砂约占用砂总量的50%，也证明了当时制范所用的泥砂确实进行过淘洗与加工。^② 这在当时也是一种比较先进的技术。

2. 青铜铸造技术

从三星堆两个祭祀坑出土的青铜器上可以看出，这些青铜器主要是采用浑铸、分铸、嵌铸等方法制造出来的，这些铸造方法与商代中原地区常用的青铜铸造方法大致是相同的。除此之外，在三星堆出土的青铜器上还可以看出采用铜焊、铆接、热补等工艺制作青铜器的方法。陈显丹先生指出：

① 陈显丹：《广汉三星堆青铜器研究》，载《四川文物》，1990年第6期。

② 曾中懋：《广汉三星堆祭祀坑出土铜器成分分析》，载《四川文物》，1991年第1期。

三星堆遗址的铜器在铸造技术上除了采用分铸法、浑铸法、嵌铸法外,还采用了热补、焊铆等技术。如 K1:36 爬龙柱形器的铸造,清楚地表现出铸造的焊铆特点。其铸身由两块范合成,铸身上的龙及其他装饰均为先分铸好后,再用铜焊的方法进行焊接;或加铜铆钉进行铆接。K2(2):148 大面具,脸面为整体,凸出的眼球是先铸好后再接补。大耳分成两块,用铜焊的方法将其焊接为一个完整的耳朵,耳与脸侧衔接处亦采用焊接方法进行固定。车轮器及树座下均留有热补痕迹。这种技术主要用于器物在铸造时发生某部位的裂痕和缺陷方面。如有的头像在铸造时发生某部位的裂痕和缺陷时均采用热补技术,然后进行打磨。在 K2(2):194 青铜树座底原铸造时发生过断裂,其底用一块铜片焊上,然后再加上铆钉固定。在运用这些技术的同时,蜀人是根据铸造物本身的不同特点而合理运用。如面具的制作,为了控制器壁的厚薄,多在面具的两侧上加支钉。从留有明显支钉痕的面具来看,面具两侧上部各有两个支钉。面具为整体铸造,然后将已铸好的双耳安置在上。安置耳朵的方法有两种:一是整体面部完成后,根据耳朵和脸的比例位置在脸的两侧凿出相应的铆孔,然后将铸好的耳朵装上进行铆接;二是在浇铸整体时,将先铸好的耳朵按适当位置安上,进行合铸。这两种方法是按面具耳朵的情况而选用。通常是单层耳用铆接法,双层耳用后铸法。

从上述多种铸造技术来看,蜀人的铜器铸造技术,早在商代晚期就已熟练地掌握了分铸法、浑铸法,并已开始运用铜焊、热补、铆接等方法。比起中原等地青铜铸造技术在周代晚期至春秋中期之际才出现铜焊的工艺来说要早几百年。^①

① 陈显丹:《广汉三星堆青铜器研究》,载《四川文物》,1990年第6期。

第二节 楚文化中的科学技术

一 楚国漆器——我国漆器生产史上的第一个高峰

楚国,是春秋战国时期的一个比较大的诸侯国,历史书中常常提到的“春秋五霸”和“战国七雄”,楚国都是其中之一。楚人自称是华夏民族的一支,屈原在追述本身的世系时曾自称是“帝高阳之苗裔”(《楚辞·离骚》)。楚人自西周初年开始立国,《史记·楚世家》记载:“熊绎当周成王之时,举文、武勤劳之后嗣,而封熊绎于楚蛮,封以子男之田,姓芈氏,居丹阳。”丹阳,丹水之阳,其具体地点虽然在学术界还有不同的看法,但在现今的湖北省西北部与河南、陕西交界的丹江一带地区,却是几乎可以肯定的。早期的楚国是臣服于西周王朝的一个弱小的诸侯国,“僻在荆山,筰路蓝缕,以处草莽,跋涉山林,以事天子”(《左传·昭公十二年》)。从西周晚期开始,楚国逐渐强大起来,吞并许多小的诸侯国,所谓“汉阳诸姬,楚实尽之”(《史记·楚世家》)是也。“汉阳诸姬”,是指周王朝分封在汉水流域一带的姬姓小国。楚国强盛时的疆土相当广大,几乎包括了我国现今版图的整个南半部,所谓“楚人地南卷沅湘,北绕颍泗,西包巴蜀,东裹郢淮,颍汝以为洫,江汉以为池”(《淮南子·兵略训》)。在此广大的土地上,劳动人民创造了光辉灿烂的古代文化,现今的学术界将其称之为“楚文化”。《楚学文库》编委会在《编者献辞》中指出:

中国的古代文化是多元复合的,它的主体华夏文化是二元耦合的。所谓二元,就方位来说是北方与南方,就流域来说是黄河与长江……春秋战国时代的华夏文化,北方以晋(韩、赵、魏)为表率,南方则由楚独领风骚。世界的古代文化更是多元

复合的,它的主体即旧大陆的古代文化也是二元耦合的。这个二元,简单地说来,就是西方与东方。从公元前6世纪中到公元前3世纪中,西方的希腊与东方的楚竞辉齐光,宛如太极的两仪。^①

能与西方古代的希腊文化相媲美的“楚文化”中,最具特色的当为楚国的“漆器文化”,春秋战国时期的楚国漆器,数量多、品种全、制造技术先进、使用范围广大,在当时的各诸侯国中是首屈一指的。楚国劳动人民创造了我国漆器生产史上的第一个高峰。

1. 漆源之乡

(1) 楚地拥有丰富的大漆资源

楚人在立国之初就生活在现今鄂、豫、陕交界的丹江一带地区,后来又到了湖北西北部的荆山一带,所谓“僻在荆山”是也。楚人生活在山区,而野生的漆树主要也是生长在山区,所以楚人必定会对漆树、大漆产生一定的认识和了解。

①从古代文献记载来看,春秋战国时期楚地拥有丰富的大漆资源。

A.《庄子·人间世》记载:楚昭王(前512~前489年在位,属于春秋晚期)时期,孔子南游来到了楚国,楚狂接舆(楚国一个名叫“接舆”的狂人)游其门曰:

桂可食,故伐之,漆可用,故割之。人皆知有用之用,而莫知无用之用也。

采集漆液的生产实践告诉我们,人们采集生漆是通过切割漆树

^① 转引自后德俊:《楚国的矿冶、髹漆和玻璃制造》,武汉,湖北教育出版社,1995年。

的树皮来进行的,所以直到今天人们对这项生产活动有一个专门的名称,叫做“割漆”,这一名称将人们采集生漆活动的要点形象地表达了出来。《庄子·人间世》中的这段记载不仅说明了“割漆”一词的出现至今已有 2500 多年的历史,更重要的是表明“割漆”在春秋时期的楚国已经是一项十分普遍而经常性的生产活动了,否则,它就不可能出现在文学作品中间。由此可见,当时的楚国疆域内生长着众多的漆树,楚国劳动人民经常从事“割漆”这项生产劳动。

B.《尚书·禹贡》记载:“豫州……厥贡漆、枲、絺、苧”。漆,是指大漆;枲,是指大麻;絺,是指一种丝织品;苧,是指苧麻织物。我国古代将天下分为“九州”,所谓的“豫州”主要指今天的河南、湖北、陕西、山东的部分或大部分地区,其中就包括楚人早期生活的荆山在内。

C.《史记·货殖列传》记载:“陈夏千亩漆。”这条记载虽然是西汉前期的情况,但是“陈”在春秋战国时期曾经是楚国的疆土,它也间接地反映出春秋战国时期楚地曾有大片人工栽培的漆树林。

D.《山海经》中也有许多出产漆的记述,如《北山经》中记载:“京山多漆木”、“虢山,其上多漆”;《中山经》中记载:“翼望之山,其下多漆梓”、“熊耳之山,其上多漆”等。对于这些山的确切位置目前一般已难以考证了,但其大多数都在现今的河南、湖北、陕西一带,与《尚书·禹贡》中关于“豫州……厥贡漆、枲、絺、苧”的记载也是一致的。

②从现代有关资料来看,春秋战国时期楚地也应拥有丰富的的大漆资源。

漆树是一种重要的经济树木,从生物学的角度看,漆树在生长和分泌漆液的过程中,常要求有较多的水分和较高的热量,在年平均温度为 15℃ 左右、年平均降雨量为 1000 毫米左右的地



区,比较适宜于漆树的生长。所以漆树一般分布在海拔 300 ~ 2300 米之间的地带,以海拔 400 米 ~ 1500 米之间的中山、低山、丘陵及河谷地带分布较多。楚人从立国之初居“丹阳”、“僻在荆山”时起,就生活在现今的鄂、豫、陕交界一带地区,后来疆土不断扩大,其中心区域仍在长江中游。从现代气象学的有关资料来看,这一地区属于亚热带气候区,气候温暖、雨量充沛。以楚国故都湖北江陵纪南城所在地的荆州来说,其年平均温度约为 15°C ~ 17°C ,年平均降雨量约为 1100 毫米,这种亚热带的气候适宜于漆树的生长。又如位于湖北西部盛产生漆的利川市,其海拔高度一般在 1000 米左右,年平均气温约为 13°C ,年降雨量约为 1300 毫米左右,十分利于漆树的生长。

从今天的有关资源统计资料得知,我国现今漆树分布的中心区域,主要包括秦岭、大巴山、武当山、巫山、武陵山脉一带,这些地区既有大面积的天然漆树林,也有成片分布的人工栽培的漆树林。这些地区出产的毛坝漆、建始漆(两地均位于湖北省西部的恩施自治州)、平利漆(位于陕西省的南部)等,素有“国漆”(即“中国漆”的简称)之美名而蜚声中外,其质量好、色泽佳,在国际贸易中享有很高的声誉。1977 年,生漆产量达到 500 担以上的 18 个县(或县级市)中,有 14 个就分布在鄂、川、陕的交汇地区及其附近一带,所以这一地区被称之为“漆源之乡”,其中的大部分均是春秋战国时期楚国的疆土所在。另据《湖北省情》、《湖北年鉴》等资料统计,1985 年,仅湖北省利川市的坝漆(又称之为毛坝漆,因产于利川市的毛坝而得名)产量就达 1400 多担;1990 年湖北省出口生漆金额达到 500 ~ 1000 万美元。直到今天湖北省仍然是全国生漆产量的大省之一,生漆产量在全国占第二位。而湖北也正是春秋战国时期楚国的腹地。

综上所述,可以说,楚国人从立国之初就生活在产漆区,在他们的周围生长着众多的漆树。后来随着楚国国力的强盛、疆

土的扩展,楚人逐步占有了位于今天的湖北西部及西北部、陕西南部及四川东部一带产漆区,而这一地区至今仍有大批的漆树生长,被称之为“漆源之乡”。所以我们说楚人拥有丰富的大漆资源。

2. 楚国漆器的制胎工艺

(1) 木胎制作工艺

从出土的楚国漆器实物来看,其胎体中占绝大多数的是木胎,这主要与木材易得,同时木材也比较容易加工成型等因素有关系。楚国木胎漆器的胎体制作方法主要有:斫木成型、卷木成型、嵌木成型以及雕刻、拼接成型等。

① 斫木成型

所谓斫木成型,就是采用刀砍斧削将木材加工成一定的形状。例如楚墓中大量出土的耳杯,绝大多数是采用整木块,用刀、斧、镑等工具先将其内空部分挖制成型,然后再砍削其外表成型。大致成型后,一般都还要用刀、镑等工具进行细加工,以使胎体表面平整、光滑。

② 卷木成型

卷木成型,就是将木材先制成薄木板,然后将木板卷起来做成漆器的胎体。楚墓中出土的漆奁、漆卮等器物的器壁均是这样制成的。现以漆奁为例说明之:

制作漆奁的胎体时,先要选用合适的木材,用来制作一块长条形的薄木板,木板的厚度要均匀,长度要稍长于器物壁的周长。将木板两端削成斜面,再采用一定的方法(如加热卷曲等)将木板卷成圆筒状,然后将两端的斜面用生漆等粘接剂粘接起来(也可以采用榫卯等其他连接方式)制成奁壁。奁的底和盖均是采用较厚的圆木块制成并与奁壁粘接,有的奁盖还进行了嵌制。出土的楚国漆奁的实物表明,奁的底和盖与奁壁的粘接方式一般都是底、盖的外缘与奁壁的内表面粘接,这是因为底、盖

为较厚的木块(有的厚度达1厘米或更多),外缘表面积较大,与交壁内表面粘接后强度较大。卷木成型制胎工艺的出现是楚国漆器胎体制造工艺的一大进步,也是楚国的木工技术向精加工方向发展的结果之一,因为制作薄而均匀的长条形木板以及将木板卷成均匀的圆筒状,都需要较高的木工加工技术水平。变挖制为卷制,不仅节省了木料、工时,同时也使制造出的器物显得轻巧美观。

③ 镗木成型

镗木成型,主要是一些胎体较厚的圆形器物,如圆盒等,其内空部分一般是采用挖制,而器物的表面则是采用镗制。在这类器物的外表面上,虽然髹了漆,但有时仍然可以发现呈圆圈形的镗制加工的痕迹。目前我国发现最早的镗木胎漆器实物,是1980年在河南罗山仰天湖商代晚期墓中出土的光唇敛口平底木碗,本篇第一章中已经作过介绍。观察碗的木纹,可知此碗是用边材板加工而成,器形规整,碗底弧度自然,里外表面光滑;推测其制作方法系采用机械旋转辅以手工修整,类似陶器的轮制法。楚国木胎漆器胎体的镗制工艺应该是在商周时期木胎镗制工艺的基础上发展起来的,1973年~1976年发掘的江陵雨台山楚墓中出土的16件漆圆盒,其外形就是镗制而成的,因为在其外表发现有十分均匀的、呈凸起状的圆圈纹。不过,楚国镗制木胎的机械实物至今尚未发现。现代民间一些地区仍在使用简单的木制镗床来制作木碗、木轮、擀面棍等日用小型木制品。这种木制镗床主要是由木架、脚踏板、传动带、木轮与夹具等组成,脚踏板通过传动带带动木轮旋转,从而带动夹具转动,被加工的器物固定在夹具上面,双手持刀在器物的表面进行切削,从而制出了圆形的器物。两千多年前楚国制造漆器木胎的镗床,应该是从转轮制陶的有关器械发展而来的,在原理与使用方法上估计与现今民间使用的木制镗床相近似。

④雕刻、拼合成型

在楚国木胎漆器胎体的制作中,最富于艺术特色的是那些采用透雕、圆雕及浮雕工艺加工成型或再进行拼合的器物。其制造方法主要又可分为两种:一种是先将木料加工成器物形状的粗坯,然后在坯料上进行雕刻,其方法与黄陂盘龙城出土雕花枰板的方法相近,例如楚墓中出土的雕花板、漆瑟等就是这样制成的;另一种制作方法是先用不同大小的坯料,分别雕刻成各种器物,然后再将它们用粘接、榫接等方法互相拼合在一起组成一个完整的器物,例如一些楚墓中常常出土的虎座飞鸟、彩绘木雕座屏等,它们的胎体就是采用这种方法加工成型的。

采用雕刻工艺制作的器物中最负盛名的是江陵望山一号楚墓出土的彩绘木雕座屏。如图2—1所示,它是一件通高为15厘米、宽度为51.8厘米、厚度仅有3厘米的漆制品,分为屏、座两个部分,总共雕刻着鸟、鹰、蛇、蛙等动物54个。其中屏上的一些动物是分别雕刻后互相拼接在一起的,加上它们的外表都髹有漆膜



图2—1 江陵望山 M1 出土彩绘木雕小座屏(正视图)^①

并彩绘有美丽花纹,使得每个动物都显得栩栩如生。许多参观过该件漆器的人们都惊讶不已,赞叹其工艺水平的“巧夺天工”。该座屏上各种动物组成的图案所表现的正是当时江汉地区云梦泽一带的自然景象:在广阔的云梦泽一带,梅花鹿在原野上奔

① 湖北省文物考古研究所:《江陵望山沙家楚墓》,北京,文物出版社,1996年,94页。

跑,鸟在天空飞翔;鹰吃蛇,蛇吃蛙。这种大自然中的景象都被楚国的艺术家们通过雕刻手法在座屏上反映了出来。

采用雕刻工艺制作的虎座飞鸟,是楚墓中特有的漆制品。虎座、鸟身、鹿角,三种不同的动物或动物的一部分有机地组合在一起,构成了一个完整的器物。楚地劳动人民的想象之丰富,浪漫主义的表现手法等由此可见一斑。

从工艺的角度来看,楚国的这种漆器胎体制作中的雕刻工艺与陶器中的镂孔、铜器中的镂空和浮雕等工艺有着密切的关系,应该是一脉相承的。由于雕刻工艺的采用使得所表现的对象具有强烈的立体感,体态比较逼真,增加了艺术感染力。

以上介绍了四种楚国漆器木胎的制作方法。无论采用哪一种方法加工成型的漆器木胎,它们都有一个共同的特点:就是木胎的表面都加工得比较平整,很少见到有凸凹不平的现象。这一点很有现实意义,因为胎体表面光滑就使得髹漆的第一道工序,即打灰底的工作量减少到最小的程度,不仅节约了工时,而且也节约了生漆等原料;同时,在这种胎体上就是简单地进行髹漆,也容易获得比较光滑、平整、色泽好的漆面。这一点对于我们现今的漆制品生产仍然具有参考价值。无论在两千多年前的楚国还是21世纪初的今天,生漆的价值都要高于木材,适当地选用制胎用的木料和进行较精细的加工,不仅能够制造出精美的漆制品,同时也节约了漆的用量,即意味着成本价格的降低。

(2) 夹苎胎漆器的制作工艺

湖北江陵望山一号楚墓出土的彩绘漆鞘,是一件距今已有2300多年历史的珍贵文物。因其出土时器身已经断裂,笔者曾在放大的条件下对其断裂处进行过比较仔细的观察,可以看到其胎体是在预先制好的模具上用一种纺织品加漆灰(漆液的量较多,而灰的用量较少)涂布而成的;鞘壁的厚度约为0.4~0.6毫米左右,比较均匀,内表面也比较平整;在断裂处可以见到纺

织品的织纹和纤维束的外形,但是否为麻布,目前尚未进行过鉴定。在纺织品的两面都有漆灰,据此推测,该漆鞘的制作工序大致为:

①在预先制好的模具上先涂上一薄层漆灰。

②在漆灰上铺纺织品,并与模具贴紧,纺织品上再涂漆灰。按此反复操作一至数次。

③胎体干燥后去除模具,将胎体外表面磨光、髹漆、彩绘。

(3) 夹苎胎漆器的优点

①因为夹苎胎是采用纺织品经涂布漆灰而成,厚度薄、胎体轻,使得制造出的漆器显得十分轻巧美观。

②木胎漆器一般比较厚重,而且在气候变化较大的时候容易发生开裂和变形,这是由于木材本身的性质决定的:在正常情况下,木材吸湿时体积膨胀,失湿时体积缩小,而且在各个方向上膨胀或缩小的程度又各不相同。如木材的径向收缩一般为3%~5%、弦上收缩为6%~13%、纵向收缩为0.1%~0.8%,这是木胎漆器的一大弱点。而夹苎胎,由于是采用纺织品和漆灰为原料制成的胎体,本身吸湿、失湿的程度就比木材小得多,所以遇到气候变化较大时,其膨胀或收缩的程度也比木材小得多;加之夹苎胎没有木材那种膨胀或收缩时的各向异性,所产生的膨胀或收缩也比较均匀。因此,夹苎胎漆器的外形是比较稳定的。直到汉代,夹苎胎漆器才开始比较盛行。战国时期一般用木材作胎的器物,如奩、匣、盒等,至此往往代以夹苎。后来,随着佛教的传入与兴起,夹苎胎漆器得以有了较大的发展,因为,这类漆制品具有不易变形的优点,适宜用来制作佛像。

(4) 其他各类胎体的制作

出土的楚国漆器中,除木胎、夹苎胎之外,还有皮胎、竹胎、金属胎、陶胎、笋叶胎以及丝麻织品髹饰物等。下面主要介绍一下皮胎、竹胎的制作工艺,有关楚金属胎漆器、丝麻织品髹漆物

将在后面专门论述。

①皮胎

皮革具有轻巧、柔软、易于成型、不易开裂等优点,因此是用来制作甲冑的好原料;但是皮革又有怕潮湿、外表不美观的缺点,所以古代劳动人民在制作甲冑时往往要进行髹漆,制成所谓的“漆甲”。《左传·宣公二年》(公元前607年)记载:“曰:牛则有皮,犀兕尚多,弃甲则那?役人曰:从其有皮,丹漆若何?”“丹漆”,就是指丹砂和大漆。这表明,在春秋中期前后,制造甲冑是一定要进行髹漆的。杨泓先生在《中国古兵器论丛》一书中引用了一件传为长沙地区楚墓出土的彩绘木俑,模拟着一个披甲的战士,身上披甲,涂黑色,并用黄色线条画出一排排的甲片。^①这也表明,当时楚国的皮甲冑是一定要髹漆的。

楚墓中出土的漆甲片,都具有一定的形状。例如包山2号楚墓出土的人甲,“甲片均为皮革裁制,多呈弧形和球面形,表髹黑漆。”^②曾侯乙墓出土的漆甲片,“甲片的中部凸起或呈弧形,以增强防护力。部分甲片有压边,压边宽0.5厘米。”^③《周礼·考工记·函人为甲》记载:

“凡为甲,必先为容,然后制革……凡甲,锻不挚,则不坚,已敝则桡。”

一般说来,未经鞣制的生皮是不能进行“锻革”的,联系到《周礼·考工记·鲍人之事》中的记载,楚墓中出土的髹漆皮甲所用的皮革一定是经过鞣制的。关于髹漆皮甲的制作,《曾侯乙墓》一书的作者进行了出土皮甲的复原复制研究,现摘录如下:

① 杨泓:《中国古兵器论丛》,北京,文物出版社,1980年,5页。

② 湖北省荆沙铁路考古队:《包山楚墓》,北京,文物出版社,1991年,216页。

③ 湖北省博物馆:《曾侯乙墓》,北京,文物出版社,1989年,334~351页。

结合此墓出土的甲片,我们可以看到,所组成的甲冑的片块,一片片都是经过模具压制而成。这些片块因在不同的部位,所以形状都不尽相同,故此也就需要大量不同的模具。

现以复原出的Ⅲ号人甲(带冑)来说,至少需要下列模具数:

冑,十八副模具,压成十八片;

身,十九副模具,压成二十三片;

裙,四副模具,压成五十六片;

袖,五副模具,压成一百零四片。

这些模具当时很可能是用金属制作的。裙甲、袖甲片较为简单,而冑片用异形马甲片,有一些特殊的形状,故其模具相应较为复杂。从此墓青铜器的铸造可以看出,要做出这些模具并不算太难,然而这许多模具压出的甲片,拼在一起,要能完好的组装,却不是一件很容易的事。

前面已述及此墓出土甲冑,经天津皮革研究所鉴定其质“为生皮,尚未加工成革”。既然是生皮要压模成型,就不能不是问题。根据《考工记·鲍人之事》提到:“革欲其茶白,而疾泚之,则坚;欲其柔滑,而腥脂之,则需。”郑玄注:“郑司农云:‘韦革不欲久居水中。’又云:‘腥读如沾屋之腥,制读为柔需之需,谓厚脂之韦革柔需。’”

这就明确告诉人们,如果要革柔软,就要用很厚的油脂去沾染。具体是怎样用油脂去沾染的,就不得而知了。由此可见,当时起码要用水泡或油脂沾染的方法来处理。这样一种方法,较之后世用酸、碱方法去处理,自然原始,而在当时却达到了理想的效果,这是很不简单的。^①

① 湖北省博物馆:《曾侯乙墓》,北京,文物出版社,1989年,351页。

包山楚墓、曾侯乙墓等墓葬中出土的髹漆皮甲片都是中部呈凸起或呈弧形,部分甲片还有压边,这样就增强了甲的防护能力。因此,《周礼·考工记·函人为甲》中的“挚”即是指皮革经模压后定型,甲片的中部呈凸起或呈弧形,否则甲片的防护能力就不大,即“不坚”了;至于《周礼·考工记·函人为甲》中的“敝”,是指甲片没有定型好的时候所产生的不规则的波折状,即“桡”了。定型后的甲片还要打孔,打孔后再髹漆,为了使甲片不受潮,一般不仅在甲片的内外两面都髹漆,连孔眼的部位都髹了漆。制好的甲片要编成甲衣,有二种编缀的方法:一种是上下左右固定的编法,用于身甲等不需要活动的部位;另一种是横排固定,纵排用丝带或革带留出余量,缀联成能够活动的形式,用于人甲中的袖、裙和马甲的胸部等需要活动的部位。

②竹胎

在楚墓的考古发掘中竹胎漆器也时有发现,楚国的竹胎漆器有在竹筒上髹漆的,也有在竹片、竹箴上髹漆再制成的物品。其中以髹漆后的精细生箴为原料制成的竹编织物最为精致,这类物品出土时,其箴片的精细、髹漆颜色的鲜艳、花纹的美丽等无不令人惊讶,如不是亲眼所见,很难想象它们是两千多年前的遗物。

竹编漆器的制作工艺是:

A. 制作箴片。用削刀将一定长的竹条削制成宽约0.1厘米、厚约0.01厘米的箴片。在削制过程中,箴片是由宽到窄、由厚到薄逐步削成的。由此可见战国时期楚地削制工具的犀利程度。

B. 由于箴片表面比较光滑,无需刮灰打底,直接用红、黑色漆髹饰。

C. 漆膜干燥后,用髹有红、黑两色漆的箴片编制出所需的纹饰来。

除髹漆竹编织物外,楚国的竹胎漆器中还有以竹筒、竹片等为胎的,这些胎体的制作一般均是采用锯、削、挖等工艺制成。

3. 漆的精制和髹饰工艺

楚墓中出土的大量漆器反映出春秋战国时期楚地对于天然大漆的使用基本上可分为两类:一类是直接使用未经任何加工处理过的天然漆(又称之为生漆、原生漆等),一类是使用经过加工处理(即精制)过的天然大漆(又称之为精制漆)。作为制造漆器来说,后者是主要的。

(1) 原生漆的使用

湖北随县曾侯乙墓出土的漆木瑟,其瑟身是采用一块整木挖制而成的,其挖制成的内面涂有原生漆,呈黑褐色,晦涩无光。

荆门包山2号墓出土的黑漆小圆盒,是一件采用骨、木、竹为原料制成的复合胎体。其盒盖的周边为竹筒,盖顶木质,嵌入竹筒,中部钻圆孔,用一竹管贯穿骨帽、纽柄、盖顶,将三者榫接,并以生漆粘接。

湖南长沙颜家岭35号墓出土的漆奁,“系木胎,制作方法是用薄木板构成圆筒形,在接榫处削成斜角以漆粘合,然后接上底板”^①。长沙左家公山15号墓出土的漆剑鞘“为木胎,用两长条形薄木板相合,以漆胶住”。^②这类用于粘合的漆都应原生漆。原生漆由于未经精制,含水量也比较多,所髹成的漆膜在色泽和透明度等方面都比较差,性硬且脆。所以一般只是用它进行粘接或调漆灰用。

(2) 脱水精制

将天然漆加热,去除一部分水分,当生漆中水分的含量达到6%~8%时所形成的产品,现代称之为“推光漆”。在现代,生漆的脱水精制是采用红外线加热与搅拌的方法进行的;在古代,人

①② 吴铭生:《长沙楚墓出土的漆器》,载《文物参考资料》,1957年第7期。

们常常采用晒、煮等加热的方法来去除生漆中的部分水分,俗称“晒漆”、“煮漆”,这些制漆方法直至今日在我国许多地区仍然是民间工匠们常常采用的方法。现代漆化学研究表明,生漆在加热脱水的过程中,其主要成分漆酚中的各种基团,相互之间都会发生不同的化学反应,从而进行初步的聚合作用,这时的漆液实际上是一种高分子聚合物的初级产品。使用这种漆所形成的膜在亮度、光泽、韧性等方面都比未经加工的原生漆好,特别适宜于制造黑色漆(制造时还需加入黑色颜料)。现今,黑色推光漆的制造仍然是采用这种方法。

从考古发掘出土的楚国漆器漆膜的色泽、透明度等方面来看,楚国漆器上的黑色漆膜(无论是在黑色底子上髹饰的面漆还是直接采用黑色漆髹饰的面漆)采用脱水精制的漆髹饰的占有相当一部分,但是否进行过“推光”工艺,目前还难以确定。从湖北云梦大坟头西汉初期墓出土的漆器来看,其花纹中的“枯笔”十分明显,表明我国漆工艺中的“推光”工艺在西汉初年尚未出现。采用脱水精制的方法制造出的黑色漆,漆色纯正、庄重,在未进行“推光”工艺前,亮度较差(这也是与加油精制漆之间的区别),因而更加显得古朴。在这种黑色漆膜上进行彩绘(如朱绘),越发显出彩绘鲜艳、面漆深沉,对比明显,所谓“生成天质见玄黄”,使彩绘的花纹更加光彩艳丽。楚墓中出土的一些漆器,许多都是黑地朱绘,出土时红色显得十分鲜艳,其原因正在这里。

(3) 加油精制

出土的楚国漆器中,彩绘漆器占有相当大的比重,如江陵雨台山楚墓出土的 272 个漆耳杯中,没有纹饰的素面耳杯只是少数,绝大多数都是彩绘耳杯,耳杯上的纹饰颜色有金、黄、红等;江陵望山楚墓出土的耳杯上有白色的花纹,该墓出土的彩绘木雕小座屏上,其彩绘花纹的颜色有红、绿、金、银等多种,其中绿色甚为鲜明;河南信阳长台关楚墓出土的漆瑟残片上,其彩绘的

颜色有红、黄、绿、蓝、白、金等多种。《江陵雨台山楚墓》一书中指出,雨台山楚墓出土的“漆器都以黑、红漆为地色,一般在器表髹黑漆,器内髹红漆。彩绘纹饰都施于黑漆地上,常用的颜色有金、黄、红、赭等色,因为大都是漆绘,不易脱落”。^① 彩绘纹饰在清洗时一般不易脱落的楚国漆器绝大多数都是漆绘,即颜料是使用漆为原料之一加以调制的。这就表明,当时的楚国漆工艺,已经采用了多种颜色的“色漆”,其颜色至少有红、黑、金、银、蓝、绿、白、黄等。髹饰工艺的实践告诉我们,凡是黑色或深色为主要用漆时,要描绘浅淡鲜艳的花纹,必须要用油。明代黄成《髹饰录·坤集》杨明注中指出:“黑唯宜漆色,而白唯非油则无应矣。”又说“如天蓝、雪白、桃红则漆所不相应也。”就是说,为了获得描绘鲜艳的花纹所需的色漆,一定要用植物油为原料之一进行配制。由此可以推定,当时的楚国漆工匠们在漆器上彩绘白、蓝、绿等花纹时,所用的色漆一定是加入了植物油进行配制的。采用这种方法制得的漆,现今称之为“油性大漆”。

从我国民间漆工艺的实践中可以看到,在漆液中加入植物油进行精制的方法基本上有两种:一种是在原生漆中直接加入已经熬制好的植物油;另一种是将原生漆脱去一部分水分后再加入熬制好的植物油。采用这两种方法进行精制的漆,因为各种不同的配方以及操作方法上的差别,所制出的产品往往有着不同的名称。至于两千多年前的楚国色漆所使用的是何种植物油的问题,目前尚无定论。这主要是天然物质在地下环境中经过了数千年之后,结构变化很大,一般难以进行测定。有的研究者认为用的是桐油,有的研究者认为用的是荏油(即苏子油)。笔者认为,后者的可能性要大一些。

楚国制漆工艺的发展,无论是原生漆的脱水还是植物油的

① 湖北省荆州地区博物馆:《江陵雨台山楚墓》,北京,文物出版社,1984年,91页。

熬制,都可以看作是高分子化合物的加热聚合问题,可以说是我国古代漆化学的萌芽。特别是油、漆并用工艺的产生,是髹饰工艺的一个重大进步和发展,它的出现标志着我国最早的涂料行业从单一材料向复合材料的进步。众所周知,我国民间将各种漆的髹饰工艺称之为“油漆”,将从事该项工作的工匠称之为“油漆匠”。人们为什么要将油和漆这两种截然不同的东西合在一起,并形成了一个专用名词呢?就是因为两千多年前,楚国人在制造漆器时已经将油和漆合在一起使用,并且一直延续到今天的缘故。

油、漆并用的工艺在我国起源于何时,这个问题目前尚难以考证。从考古发掘出土的春秋战国时期漆器实物来看,带有多种浅淡、鲜艳颜色花纹的漆器,如带有白色、黄色、绿色、蓝色等花纹的漆器,主要是在楚墓或受楚文化影响的墓葬中出土的,也就是属于楚国的漆器。而在同时代的其他诸侯国的墓葬中,带有多种浅淡、鲜艳花纹的漆器十分少见或几乎未见到过。

4. 楚国漆器的髹饰工艺

考古发掘出土的楚国漆器实物表明,当时楚国的髹饰工艺有多种,除大量使用的彩绘之外,还有描金、贴金、扣器、雕刻与填漆等。

(1) 彩绘。楚国漆器的色彩是十分丰富的,其中使用最多的颜色是红色与黑色。特别是黑地朱绘的彩绘漆器,黑色深沉、红色鲜艳。楚国漆器上为什么大量使用这两种颜色呢?可能有下述几点原因:

① 楚国漆器是在继承新石器时代漆器及商周时期漆器的基础上发展起来的,目前我国发现的这些时期的漆器中,红色与黑色就是主要的颜色。前面已经引述过的《韩非子·十过篇》关于“禹作为祭器,黑漆其外,而朱画其内”的记载,也说明当时的漆器主要是红、黑两种颜色。

②黑色与红色之间对比较为强烈,黑色深沉、红色鲜艳,可以使彩绘的花纹达到“生成天质见玄黄”的艺术效果。出土的楚国黑地朱绘漆器往往会给人以深刻的感受,其原因也正在这里。

③红色与黑色两种颜料来源较为丰富,比较容易得到。楚国漆器中的红色颜料(特别是那些至今仍然较为鲜艳者)大多数用的是丹砂,而黑色颜料主要用的是烟炱。丹砂,又名辰砂、朱砂,即天然红色硫化汞矿物。赵匡华先生在《我国古代“抽砂炼汞”的演进及其化学成就》一文中引用晋太康时于汲郡战国魏安厘王冢出土的《汲冢周书》“方人以孔鸟,濮人以丹砂”的记载,指出濮人曾以丹砂向周天子进贡。^①楚人从濮人那里学习到了丹砂开采技术,且楚地拥有丰富的丹砂资源。^②因楚地丹砂以古辰州(即今天湖南省的辰溪、麻阳一带)出产的品质最佳,所以又名辰砂。

④丹砂与烟炱,楚人在其他方面使用的也比较多。例如:楚人曾经使用丹砂作为染料来进行丝织品的染色,楚墓中出土有这类丝织品(1975年长沙左家塘楚墓中出土的两块对龙对凤纹锦,经检测,其朱色彩条部分就是采用朱砂染色的);楚人用烟炱制造墨锭用来在竹简上书写文字,楚墓中也出土有这种墨锭(湖北省江陵九店56号楚墓中出土有用烟炱为原料制成的墨锭)。所以说楚人对丹砂与烟炱的有关性质是有较为深刻认识的。曾经有过一种推测,认为楚国漆器上的黑色可能是使用了以绿矾等为原料制成的漆以后,由其中的铁的氧化物形成的。可是,笔者曾将少量黑色漆膜作过分析,结果表明含有较多的碳,而铁的含量则很少。

从出土的楚国漆器残片的断面上看,当时楚国漆器的髹饰过程与现今的髹漆工艺一样,主要分为打底、上漆、彩绘(或装

① 赵匡华:《我国古代“抽砂炼汞”的演进及其化学成就》,赵匡华主编:《中国古代化学史研究》,北京大学出版社1985年,128页。

② 后德俊:《楚国的矿冶、髹漆和玻璃制造》,武汉,湖北教育出版社,1995年,180页。

饰)三大步骤。有些漆器因为是作为陪葬用的明器或因胎体本身比较光滑(如细簋胎等),是不经打底而直接在胎体上髹漆的。

从髹饰工艺上看,楚国漆器上的彩绘工艺大多数还处在绘画的范畴,即《髹饰录》中称之为“漆画”或“描漆”的工艺方法。明代黄成《髹饰录·坤集》中指出:“漆画,即古昔之文饰,而多是纯色画也。”所谓“纯色画”就是只用一种色漆进行勾描。如河南信阳长台关楚墓中出土的杯豆和圆盘豆等漆器,都属于“纯色画”漆器,它们都是黑地朱绘,再没有使用其他颜色的漆了。关于“描漆”的工艺方法,《髹饰录·坤集》中指出:“描漆,一名描华,即设色画漆也。其文各物备色,粉泽烂然如锦绣。”这种彩绘方法与“纯色画”的彩绘方法是不同的,这是一种在漆器上使用多种色漆彩绘花纹的做法。湖北江陵雨台山 354 号楚墓出土的圆漆盒,387 号楚墓中出土的耳杯等都是“描漆”制品。如漆圆盒上的彩绘花纹,是在黑色漆地上用红色漆勾画后,又用金色漆与黄色漆进行勾描,使得彩绘出的花纹更加艳丽,真是达到了“烂然如锦绣”的地步。

楚国漆器的彩绘风格主要是线条画与平涂画相结合,这种画法可能是从青铜器上冶铸的平块花纹和线条纹饰发展而来的。由于当时彩绘的工具是毛笔(楚墓中已经多次出土有毛笔实物),因此漆器上彩绘线条显得比较流畅。

(2) 贴金

漆器上的贴金装饰在我国商代漆器上已经得到过使用,河北藁城台西商代遗址中出土的漆盒上的金箔就是一例。贴金漆器在楚国漆器中也有发现,但数量极少:1972 年至 1973 年发掘的湖北襄阳山湾东周墓,其中 27 号楚墓,时代为春秋晚期,在墓坑内的棺木痕迹中发现有黑色的漆皮和不少金箔,说明这座墓的棺木是髹黑色漆,表面贴有金箔制作的花纹。由此可见,这种装饰是用漆做粘合剂将金箔贴在已经髹好的漆面上。该墓是一

座中型楚墓,历史上曾经被盗过,能以较完整地保存下来的漆器几乎没有。另外据有关资料介绍,在湖南临澧九里楚墓中也发现有粘贴金箔的漆器出土,^①该墓发掘报告未见发表,详细情况无法得知。

漆器上的贴金装饰在《髹饰录·坤集》中属于“金髹”的一种,即所谓“金髹,一名浑金漆,即贴金漆也……又有贴银者,易霉黑也。”根据王世襄先生考证,漆器上粘金有贴金、上金、泥金三种工艺方法,贴金用的是金箔,上金、泥金用的是金粉。贴金一般是用在黑色漆面上,而且是全器贴金,贴金前漆器上先涂一层漆液(称之为金漆),待漆液“干到恰到好处,似乎已经全干了,但还略有粘性,方为合适”^②,然后将金箔贴上去。出土文物表明楚国的贴金漆器的制作工艺与此基本相同,不同的是楚国漆器上不是全器贴金,而只贴上部分用金箔制成的花纹。

贴金漆器在出土的先秦漆器中是非常少见的,从已经掌握的资料看,商代只有一例,西周一例。楚国漆器中目前也只有二例。笔者已经论述过楚国漆器上的贴金工艺是与楚国青铜器上的贴金工艺一脉相承的,在湖北襄阳蔡坡楚墓(与襄阳山湾楚墓相邻近)中出土有一批贴金青铜器,其贴金工艺与漆器上的贴金工艺是完全相同的,^③它们都是从青铜器的错金银工艺发展而来的。楚国的漆器贴金工艺与商代、西周贴金漆器制作工艺之间没有直接的继承关系。

(3) 描金

描金,在《髹饰录·坤集》中又称之为“泥金画漆”,所谓“描金,一名泥金画漆,即纯金花文也。朱地、黑质共宜焉。”就是在漆器上描绘金色花纹的做法。在具体操作时,往往是金银同时

① 陈绍棣:《战国楚漆器述略》,载《中原文物》,1986年第1期。

② 王世襄:《髹饰录解说》,北京,文物出版社,1983年,77页。

③ 后德俊:《楚国的矿冶、髹漆和玻璃制造》,武汉,湖北教育出版社,1995年,180页。



采用,所以现代称这种方法为“描金银漆装饰法”。需要指出的是:漆器上的描金工艺,在我们的邻国日本称之为“蒔绘”,在日本古代(时间相当于我国的明代前后)蒔绘工艺比较发达,曾经达到比较高的水平,因此有的学者就认为漆器描金工艺是由日本传到中国来的。王世襄先生在比较详细地论证后指出,这是一种“非常荒谬的说法”,“我们可以肯定描金之法是由中国传往日本的,时代在隋唐之际,或更早。”^①王先生在论证中所列举的例子就是出土的楚国漆器。实际上楚国的描金漆器出土的比较多,整个战国时期都有,从时间上说,它们比日本历史上最早出现的蒔绘漆器至少也要早 1000 年。下面,就按时代先后略举几例:

①时代为战国早期的湖北随县曾侯乙墓(具体年代为公元前 433 年或稍晚几年)中出土的内棺,在朱色漆地上用黑色和金色描绘着异常复杂的图案。该墓出土的漆盖豆上的龙纹中的鳞甲等部位也是采用金色绘制的。

②时代为战国早期偏晚或战国中期偏早的河南信阳长台关楚墓中出土的漆瑟残片上,就有用极细的金彩在兽身的周围作平涂,其细如尘埃的金点在阳光下仍然放出灿烂的光辉。

③时代为战国中期的湖北荆门包山 2 号楚墓(具体年代为公元前 316 年)出土的双连杯,杯内髹红漆,杯外髹黑漆,并用红、黄、金三色彩绘。该墓出土的带流杯,用木胎斡制而成,器内髹红漆,器外髹黑漆,也用红、黄、金三色彩绘。

④时代为战国中期偏晚或战国晚期偏早的江陵马山一号楚墓中出土的漆耳杯,器表及口沿髹黑色漆,器内髹暗红色漆,用朱红、黄、浅黄、金粉彩绘纹饰。

特别值得提出的是江陵雨台山 427 号楚墓出土的鸳鸯豆,深盘、凸盖,豆盖与豆盘合起来是一只鸳鸯。鸳鸯的头、翅等部位

^① 王世襄:《髹饰录解说》,北京,文物出版社,1983 年,86~87 页。

大都是采用金色描绘的。此外,江陵望山楚墓出土漆器上有许多银灰色的纹饰,表明当时的楚国漆器上不仅有描金装饰,也有描银装饰。

现代漆器制造工艺中,描金的方法是:待面漆制作完毕后,用半透明漆(即经过脱水精制的漆)调制彩漆(一般采用黄色漆,利于为金色衬底),薄描花纹在漆面上,然后放入温室,待漆将要干燥时,用丝棉球着金粉,刷在花纹上,花纹则成为金色。如果过早地刷上金粉,因漆尚湿,不但要粘着多量的金粉,且不会显出明亮的黄金光泽。^① 楚国漆器上的描金,能以保存到今天,并且不易被洗去,说明是采用漆绘的;加之表面仍可看出小如尘埃的金点,从这二点推测,估计其描金工艺与现代漆器描金工艺情况相类似。

(4) 扣器

扣器,就是将一种金属制的圈安放在漆器的口沿(或底圈)部位,即扣在上面,起到加固漆器兼装饰作用。这种工艺可能是在错金银青铜器制作方法的影响下产生的,最初,可能主要是为了起加固作用或使用方便。漆器由于镶上金属后显得富丽堂皇,后来人们就有意地将金银等金属镶嵌在漆器上面,从而发展成一种独特的漆制品。从下面列举的出土文物中,我们将能看到该工艺的形成过程。

①湖北江陵雨台山 554 号楚墓与 161 号楚墓都是属于战国中期前段的墓葬,这二座墓中出土的二件漆樽,大小形状相同,均为斫木胎,口径 12 厘米、通高 17.4 厘米,圆筒形、直壁、平底。略呈凸起的盖面正中有一铜制的环纽,器壁两边有对称的铜质铺首一对,底部有三只兽首形的铜足。^② 环纽、铺首、铜足,都是

① 王世襄:《髹饰录解说》,文物出版社,1983 年,86~87 页。

② 湖北省荆州地区博物馆:《江陵雨台山楚墓》,文物出版社,1984 年,91~98 页。

为了使用方便,当然在使用过程中它们对漆樽也起到了保护与加固作用。带有铜质附件的漆器在西周中期前后就已经出现,它们与楚国的带铜质附件漆器之间关系如何,目前还难以说清楚,因为西周及春秋时期的此类漆器出土数量很少,仅有极少数的例子。

②湖南临澧九里 79M1 楚墓,时代为战国中期前段,该墓出土的一件漆案,长 137.2 厘米、宽 60 厘米、高 20 厘米。长方形、浅盘状,盘下四角置有 4 个铜质蹄足,盘的四角套有 4 个铜质拐角以加固。漆案通体髹黑色漆,并用黄、红等色漆彩绘。^① 漆案比较宽大,四角容易被碰坏,这是日常生活中常会遇到的事,四角加铜质拐角保护,作用明显。

③湖北荆门包山 2 号楚墓,时代为战国中期,该墓中出土的一件矮足案,长 182.8 厘米、宽 85.4 厘米、高 13.6 厘米。案面为长方盘形,下有 4 个铜质蹄形足,案的四角镶嵌截面为直角形的曲尺形铜构件,铜构件表面镶嵌有错银的纹饰。^② 可以认为这是一件近似于扣器的实物。

④湖南桃源三元村一号楚墓,是一座战国中期偏晚的墓葬,该墓出土的一件漆卮,木胎、圆筒状。“髹漆内红外黑,盖呈扁圆形,平顶,上有铜纽 3 个,朱漆填满凹槽……器身腰一侧装铜质环形扳手一个,平底下镶装铜箍,箍铸有 3 个铜足。周身用朱漆绘星辰、翔鸟、飞龙等图案,寓意写实,线条潇洒,笔调简朴,通高为 17.5 厘米、径 11.5 厘米。”^③ 从该卮底部镶有带 3 个蹄形足的铜箍来看,应属于扣器无疑。

① 湖南省博物馆等:《临澧九里楚墓》,《湖南考古辑刊·3》,长沙,岳麓书社,1986 年,102 页。

② 湖北省荆沙铁路考古队:《包山楚墓》,文物出版社,1991 年,125~128 页。

③ 常德地区文物工作队等:《桃源三元村一号楚墓》,《湖南考古辑刊·4》,长沙,岳麓书社,1987 年,27 页。

⑤1978年发掘的安徽舒城秦桥楚墓中出土的错金铜扣大漆盒,是战国晚期楚国的扣器实物之一,漆盒上的错金铜扣花纹生动流畅,十分精美。

以上所列举的出土文物显示,楚国漆制品中的扣器是在战国中期前段开始出现的镶嵌青铜附件漆器的基础上不断发展起来的,到了战国晚期,这一工艺已经达到比较成熟的阶段。本章下面有关部分中将要论述的四川成都羊子山战国晚期墓中出土的一批扣器,也应是楚人所为或受到楚国漆工艺影响的结果。相比之下,直到目前为止,在有关春秋战国时期其他诸侯国墓葬的发掘中,只有很少带铜附件的漆器或扣器出土。例如:时代为西周中期的陕西长安张家坡西周墓葬中已经出土有铜足漆案,陕西凤翔战国或秦代墓中也出土有带铜饰件的漆奁。这些均只是个别的例子,并没有任何出土文物证实这类带铜饰的漆器制造工艺已经发展成了扣器。由于能够反映扣器制作工艺发展过程的一系列出土漆器实物,只有楚墓中才有出土,我们从这一现象推测,我国漆器制造史上扣器的出现应该属于楚国劳动人民的创造。

楚国的扣器以及在漆器上镶装金属附件的工艺,与楚国漆器上的贴金工艺等,都可以看作是我国古代一种著名的漆制品,即嵌金银漆器的早期形式。所谓嵌金银就是“用金或银的薄叶,镂切成物象花片,或再在上面加刻画文理,贴在漆器表面,上漆若干道,使漆地与它齐平,然后再将花片磨显出来”。^①楚国的扣器及贴金箔漆器的制作工艺与嵌金银漆器的制作工艺虽然不尽相同,但它们之间有一个共同点:都是将金属镶装在漆器的表面。

在漆器上镶装金属的工艺,到了汉代又有了进一步的发展,主要的是较多地采用贵金属以及玉等作饰件。当时的富豪之家

① 王世襄:《髹饰录解说》,北京,文物出版社,1983年,106页。

竞相使用这类漆制品。《盐铁论·散不足》中指出的“富者银口黄耳，金鼎玉钟；中者舒玉苙器，金错蜀杯”，就是讲的这种情况。

出土的楚国漆制品中不仅有镶嵌金属的扣器及贴金漆器，还出土有镶嵌石英石、玉石的漆器。在漆器上镶嵌玉、石等物，在我国出土的新石器时代漆器中只有一例。而在楚墓中却可以找到几例：荆门包山2号楚墓出土的粉绘窄面俎上镶嵌有2颗石英石子作为兽的眼睛；出土的粉绘带立板俎上镶嵌有6颗石英石子；^①河南信阳长台关2号楚墓中出土的黑漆朱绘漆几，其立板和侧面板上均匀地镶嵌着白玉20块，每块玉的体积约为1.5立方厘米，形状不近规整，颜色洁白。^②楚墓中出土的这几件镶嵌石英石、玉石的漆器，可以看作是西汉中晚期扬州等地大量出现的镶嵌玛瑙等漆器的先河，同时也证明了楚人对大漆的粘接性能有了更进一步的认识。

(5) 雕刻与填漆——“锥画”工艺的起源

湖南长沙马王堆3号西汉墓中出土有针刻漆器。所谓针刻漆器，即是在已经髹好的漆器表面用针或其他尖锐的工具刻画出很细的花纹线条，然后在花纹内填上与漆地颜色不同的色漆或色料。马王堆3号墓出土的竹筒上记载了这种漆器髹饰工艺的名称，叫做“锥画”。楚国漆工艺中的雕刻与填漆就孕育了“锥画”工艺的萌芽。

这里所说的雕刻与填漆，不是指雕漆及我国传统的磨显填漆工艺，这些工艺是在汉代以后才逐步发展起来的。出土的楚国漆制品中有的漆器上刻画有文字或符号，还有的在这些文字或称号内填上色漆。例如江陵雨台山297号楚墓中出土的圆盒，其盖侧和底部有“*”形刻画符号；湖南桃源三元村1号楚墓中

① 湖北省荆沙铁路考古队：《包山楚墓》，文物出版社，1991年，128～130页。

② 张正明主编：《楚文化志》，武汉，湖北人民出版社，1988年，79页。

出土的耳杯,有三件耳杯的耳背面或底部用尖锐工具刻画有文字,文字笔画细而直,系采用锐利的工具造成的;长沙杨家湾6号楚墓出土的漆盒盖内阴刻“王二”二字;河南信阳长台关楚墓出土的漆木柄上也有用尖锐的工具刻画的一行文字。特别是湖北随县曾侯乙墓中出土的衣箱、编钟横梁等漆制品表面都有雕刻的文字等并填有色漆,如出土的天文衣箱盖上雕刻着“紫锦衣”等文字,因为箱盖表面为黑色漆地,文字内填的是红色漆,红、黑对比明显,一目了然。

楚国漆器上的雕刻、填漆工艺,与“锥画”工艺是有区别的:楚国漆器上的雕刻文字或用尖锐工具刻画的文字,都有一个共同的特点,几乎都是刻画破了漆器的漆膜,甚至划伤漆器的胎体;而“锥画”同样是用尖锐的工具在漆膜上刻画,但是几乎都只是浅浅地划破漆膜的表层,而很少将漆膜完全划破。楚国漆器上的刻画文字、雕刻文字及字内填漆等工艺,虽然与“锥画”工艺还不尽相同,但在这些工艺中已经包含着“锥画”工艺出现的某些条件,两者之间的工艺基础是相同的,所以说楚国漆器上的雕刻填漆工艺是汉代漆器“锥画”工艺的渊源所在。

(6) 堆漆工艺的萌芽

湖北荆门包山2号楚墓中出土有一件双连杯,系用竹、木结合制成一凤负双杯状。前端为凤头、腹部,后端尾微上翘,中间并列两个竹质筒形杯,近底部相连处用一竹管相通。“主凤之翅和二足凤之尾,用堆漆法浮凸出器身”^①。杯内髹红漆,杯口用黄色漆绘花纹;杯外髹黑漆,用红、黄、金三色彩绘;凤身、尾、足绘凤羽纹。该杯是一件十分精美的漆制品,凤身、凤尾等都是木雕后髹漆而成,主凤之翅与二足凤之尾位于竹质筒形杯表面。如果采用木材雕刻,因其十分细薄难以加工,也不可能与圆形的杯

① 湖北省荆沙铁路考古队:《包山楚墓》,北京,文物出版社,1991年,140页。

体吻合在一起;而采用堆漆法浮凸出器身,不仅突出了整个凤鸟的立体感,同时也使得凤翅、凤尾与突出杯体的木质凤身相一致。堆漆的方法是采用漆灰薄薄地堆出凤翅、凤尾的形状后,再加以髹漆与彩绘而成。

在已经发掘出土的楚国漆器中,采用堆漆工艺制作的漆器,目前仅发现这一例,据此只能说是一件在具体条件下偶一而为之的产物。所以称其为堆漆工艺的萌芽。然而从漆工艺的发展角度来看,堆漆工艺的萌芽与漆灰的使用及夹苎胎的出现有着直接的关系,因为使用漆灰与织物可以形成漆器的胎体(夹苎胎),那么在某些比较特殊的情况下,单独使用漆灰也应该能够形成漆器的胎体。值得注意的是:湖南长沙砂子塘西汉墓出土外棺上的堆漆花纹、长沙马王堆3号西汉墓出土长方形奁上的堆漆花纹等,都是我国早期采用堆漆工艺制作的产品,它们都是产自于楚地,而在此之前其他诸侯国墓葬出土的漆器中尚未发现采用堆漆工艺制作的产品。马王堆3号墓的下葬年代为公元前168年,离楚国灭亡之时不足60年时间。由此推测,堆漆工艺也应是楚人的创造之一。

(7) 漆器的铭文

楚国漆器中带有铭文的很少,大都是战国中晚期之物,例如:鄂城钢铁厂74号楚墓出土的一件漆樽外底部有烙印文字“市攻”。“市攻”,即为“市工”,^①指该漆樽是市属工官或工匠制造的产品,表明战国时期楚国的漆器制造业中早已有了官办或属其管辖的作坊,在这种作坊内漆制造工序间的分工可能已经存在;长沙杨家湾6号楚墓出土的耳杯外底部则有烙印文字“市攻”,一漆盒盖内有阴刻“王二”二字,“王二”,可能就是该漆盒制作者的名字,表明战国时期楚国漆器的生产中“物勒工名”的

^① 石泉主编:《楚国历史文化辞典》,武汉大学出版社,1996年,472页。

生产责任已经出现;荆门包山2号楚墓出土的髹漆马身甲内有刻文“口公”,还有漆书的铭文“口公”。可见,战国时期楚国漆器上刻、烙、漆书等三种形式的铭文都已经存在。

5. 楚国漆工艺在我国漆器生产史上的地位

(1)从漆器的胎质来看,楚国漆器的胎质种类几乎包括了我国古代漆器胎质的全部。特别是楚人创造的夹苎胎漆器,对我国漆器制造业的发展产生过重大的影响,汉代的夹苎胎“乘舆”漆器、六朝隋唐时期的夹苎胎漆佛像、直到现今著名的福建脱胎漆器,无不起源于楚国的夹苎胎漆工艺。

(2)从漆器的髹饰工艺来看,楚国漆器的髹饰工艺基本上包括了我国传统大漆制作工艺中的大部分内容。例如油、漆并用工艺,制造出各种不同的色漆,使漆器的髹饰更加多彩多姿;扣器及镶嵌漆器的出现,开创了“金银嵌”、“百宝嵌”、“金银平脱”等漆器髹饰工艺的先河;我国传统漆工艺中的雕漆(如“剔犀”、“雕红”等),也可以在楚国漆器的雕刻与填漆工艺中找到其原始状态时的影子。

(3)楚国的髹漆青铜器和髹漆纺织品,是两种新的髹漆制品,它们的出现扩大了天然大漆的使用领域,直到今天仍然具有现实意义。

6. 两种特殊的漆制品

在考古发掘出土的楚国漆器中,有两种漆制品是比较特殊的,这就是髹漆青铜器和髹漆纺织品。说它们是比较特殊的,不仅是因为在楚国出土文物中比较少见、在同时代其他诸侯国墓葬的出土文物中基本上未发现过,而且在楚以后各个历史时期墓葬的考古发掘中也少有发现。然而,这两种漆制品,在我们现代生活中仍然具有一定的现实意义。因此,有必要单独进行论述。

(1)髹漆青铜器——大漆在金属防锈中的应用

在青铜器上髹漆,在我国出现的时间很早,河南罗山仰天湖

商代晚期墓葬中出土的 8 件铜鼎和 1 件铜卣,在繁褥的饕餮纹、圆涡纹、夔纹和云雷纹阴线部位,都填充了黑漆,使纹饰更加醒目、鲜明。河南淅川春秋中期偏晚的楚墓中出土的铜鼎,在表面花纹的低凹处填有黑色漆,出土时仍然黑明发亮。然而,这类器物只能称之为填漆青铜器,因为它们的表面并没有全部髹漆。

楚国的髹漆青铜器出土的数量很少,是一种特殊的漆制品。主要有下列几例:

①1958 年在河南信阳长台关 2 号楚墓的左侧室中出土铜镜两枚,铜镜背面绘有彩漆。一枚径 12.4 厘米、厚 0.1 厘米,铜镜背面的朱漆地上绘黑、银灰、黄三色盘结在一起的虬纹;另一枚径 13.8 厘米、厚 0.2 厘米,镜背面绘有朱色的对称云纹。

②湖北江陵九店楚墓出土的方形彩绘铜镜,边长 8.1 厘米,镜背在黑色漆地上用朱漆绘方格纹图案;九店楚墓出土的 3 件圆形彩绘镜,大小不等,最大的一件直径 16.7 厘米,镜背在黑色漆地上用朱、黄两色漆彩绘云纹和鸟纹。

③湖北随县曾侯乙墓出土编钟上的髹漆铜人、爬虎状挂钩等,都是髹漆铜器。

④湖北荆门包山 2 号墓出土的方形铜镜,是一面复合镜,边长 11.1 厘米、厚 0.25 厘米。镜面采用含锡量高的青铜铸成,镜背采用含锡量低的青铜铸成镂空纹饰,纹饰表面髹黑色漆并用红、黄二色漆彩绘,表面还镶嵌有绿松石。出土的一件圆形铜镜,制作工艺与方形镜相似。该墓出土的铜人擎灯上,铜人的头发也是髹了黑色漆的。

在青铜器上髹漆,其工序与木胎漆器相同,分为打底、上漆、彩绘等步骤,有的时候因是用于陪葬的明器或青铜器表面比较平整光滑,也有不经打底而直接髹漆的。

在青铜器上髹漆,从当时的楚人所要达到的目的来看,主要是为了装饰,使青铜器表面单一的亮黄色变得绚丽多彩。例如

长台关楚墓出土青铜镜背面髹有黑、银灰、黄三色盘结在一起的虺纹,使青铜镜的花纹别具一格,这不仅节省了铸造镜背花纹的工序,而且其花纹的色彩比青铜铸出的花纹更丰富、更鲜艳。又如曾侯乙墓出土的铜人,表面髹棕褐色漆后又彩绘了类似现今“连衣裙”形状的服饰,使铜人栩栩如生;同墓出土的爬虎状挂钩,表面髹漆后又彩绘了虎皮的斑纹,比起未髹漆的铜虎要形象、生动得多;包山楚墓中出土的铜人擎灯上,铜人的头发髹了黑色漆,十分形象美观。楚人在青铜器上髹漆的目的,除了装饰之外,还有一个重要的目的,那就是为了金属的防腐。对此,包山楚墓中两件青铜樽的出土,提供了直接而充分的证据。

包山楚墓出土的两件青铜樽,在该墓出土的竹简上记载为“二于角,皆彤中漆,外二金。”“二于角”,是指两件青铜樽,“于角”(原文为古文字,在此用现代字代替)是铜樽的名称;“皆彤中漆”中的“彤”,就是红色,“中”,是指内面,这句话的意思是说铜樽的内面都髹了红色漆;“外二金”,是指铜樽的外表面上有错金、银的纹饰,“二金”,金、银也。出土的两件青铜樽正是外表面有金银错纹饰,樽内全髹红色漆,竹简上的记载与出土实物完全吻合。其中一件铜樽的口径为24.8厘米、通高17.5厘米,出土时樽内盛放着禽畜的骨头,说明是用来盛放肉食用的。

铜樽外表面错金银,完全是为了使铜樽显得美观、富贵,而其内面全髹红色漆的目的绝不是为了美观,因为红色漆是髹在铜樽的内面,从外面是看不到的(铜樽上面有盖)。因此,樽内髹上红色漆的真正目的完全是出于青铜防腐蚀的考虑。试想:樽内盛放着肉食等食物,这些食物都有一定程度的酸碱性,时间稍长它们就会与金属内壁发生化学反应,使青铜樽的内壁生锈;而这些外观为绿色或蓝绿色的铜锈又会污染盛放的食物,使之无法食用。为了防止这一现象的发生,楚人在铜樽内面髹了一层耐腐蚀的漆膜,从而解决了这一问题。由此可见,战国时期的楚

国劳动人民对天然大漆优良的耐腐蚀性能已经有了比较深刻的认识 and 了解。

髹漆铜器的出土,特别是包山楚墓中内面髹有红色漆的青铜樽的出土,说明了楚人已经将天然大漆的使用范围扩展到了一个新的领域,即金属防锈的领域;天然大漆在金属防锈上的应用至迟在战国中期之前就已经在江汉大地上出现。从曾侯乙墓出土的青铜器来看,表面上都有不同程度的黑色或绿色的锈蚀情况存在,而表面髹有漆膜的铜人和爬虎状挂钩,有的漆膜虽然在出土时已经脱落或损坏,但漆膜脱落处却显出一种亮黄的青铜光泽,说明有漆膜保护的青铜表面的锈蚀情况比较轻微。这一现象充分说明了我国的特产——天然大漆是一种优良的金属防腐涂料,所以至今在生产中仍被较广泛的使用。

在金属上髹漆,对天然大漆的使用来说是一件有重要意义的创新。楚国髹漆铜器的出土及漆膜对金属防锈的优良效果,证明了天然大漆在金属防锈中的应用在我国至少有了2300多年的历史。即使在科学飞速发展的今天,虽然出现了许多人工合成的高分子材料,但天然大漆在金属防锈领域内仍然起着重要的作用。如化肥厂的主要设备三塔一柜(脱硫塔、再生塔、水洗塔和煤气柜)的防化学介质的腐蚀,地下矿井中钢铁结构件的防腐蚀等,有些仍在用天然大漆涂料或天然大漆改性涂料。随着有关天然大漆化学研究的深入,天然大漆的优良性能将会更加充分地得到利用。

(2) 髹漆纺织品——服装业中“衬布”的起源

髹漆纺织品,也是一种比较特殊的漆制品,它和夹苎胎漆器的不同之处在于:夹苎胎漆器是用丝(或麻)织物和漆灰制成胎体后再髹漆,而髹漆纺织品是将漆液直接髹在丝、麻织物上。这类漆制品的出土实物极少,可能与其难以保存下来有关。

1976年发掘的陕西凤翔八旗屯春秋早期秦墓车马坑中,发现

有髹赭色漆的马面饰印痕,发掘者认为是髹漆麻布制成。由于仅仅只是一种印痕,加上马匹本身下葬时全身都包裹着麻布,上面还盖有席子,^①该面饰是否一定为髹漆的麻布制成,还当存疑。

1982年发掘的湖北江陵马山一号楚墓,出土了一批楚国的丝织品,被誉为“丝绸宝库”。这批丝织品中有一种方孔纱,是一种经纬线均较稀疏的平纹织物,为蚕丝制成。据《江陵马山一号楚墓》一书介绍:“另一种深褐色纱,有附着于凤鸟花卉纹绣红棕绢面绵袴(N25)表里和8—11竹筩中存留的两片。在方孔纱的上面附着一层半透明的胶状物,使纱孔变成圆形。干燥后发脆,成粉末。它或许就是漆纈。”^②此外,该墓还出土有麻鞋3双,“仅一双保存较好。大菱形纹锦面麻鞋(8—1),前端近圆形,侧视呈缓坡状。表层用麻布,髹黑漆,里层用草编成,鞋口和鞋帮均用锦面。鞋底用麻线编结,从中向外逐圈缠绕二十七圈。……长23厘米、宽7厘米、高5厘米。另两双鞋的结构与8—1同,N20鞋面为土黄色绀。”^③这类麻鞋在其他楚墓,如江陵雨台山楚墓中也有发现,只是保存不好,有的仅仅只剩下麻鞋底了。

在丝、麻织物上髹漆是楚国劳动人民对纺织品加工处理的一种比较特殊的方法,很有可能就是楚人独创的一种方法,它的出现与楚地盛产大漆及楚国漆器制造业比较发达有关。

在丝、麻织上髹漆,至少有两个方面的作用:

①改变纺织品的颜色,使之更适于使用。例如麻鞋前端的麻布表面髹上黑色漆之后,不仅颜色上与鞋帮、鞋口的锦面比较协调,而且也比较实用。

②纺织品髹漆后硬度增大,变得较为坚挺。将它作为麻鞋

① 吴镇锋等:《陕西凤翔八旗屯秦国墓葬发掘简报》,见文物编辑委员会编:《文物资料丛刊·3》,北京,文物出版社,1980年,67~85页。

② 湖北省荆州地区博物馆:《江陵马山一号楚墓》,北京,文物出版社,1985年,24页。

③ 湖北省荆州地区博物馆:《江陵马山一号楚墓》,北京,文物出版社,1985年,33页。

表层布使用,使得呈半圆形的鞋面更显得挺括、丰满;作为绵袴的表里也起到了衬布的作用。这应该是目前我国所发现的最早使用的衬布之一。现代人们在制作一些服装时往往也必须用衬,如市场上销售的马尾衬、麻布衬等,作用之一就是使衣服显得挺括,增加美感。楚人用漆丽作绵袴的表里也是起同样的作用。服装上所用衬布的起源与髹漆工艺有关系,如果不是考古发现的实物,真是出人意外、令人难以想象。

髹漆纺织品的制作比较简单,用色漆或半透明漆直接涂刷在纺织品上即可。这种制造工艺在近现代仍在使用。现今,在我国的某些地方,人们仍在将大漆或大漆与桐油配合涂布在棉布、绵纸等表面,用来制造防雨布、雨鞋、雨伞等日用品。

髹漆纺织品的出土,既显示出楚人用漆的广泛性,也反映出楚国漆器生产的发达程度。

7. 漆化学知识的萌芽

出土的商代与西周时期的漆器实物表明,当时这些漆器主要还是作为礼器出现的,日常用器(包括饮食器)比较少。春秋时期的楚国漆器中这一现象有所改进,但依然存在。然而到了战国时期,这一现象有了较大的改变,作为礼器使用的漆制品数量减少,而饮食器的数量、特别是漆耳杯数量却大为增加。例如江陵雨台山 224 座楚墓出土的近千件漆器中,漆耳杯的数量为 270 多个,占漆器总数的 28%~30%。许多出土有漆器的楚墓都有类似的现象,表 2—1 是七座楚墓中出土饮食类漆器的情况。

表 2—1 七座楚墓中出土饮食类漆器的情况

出土地点	出土漆器总数	饮食类漆器的种类及数量	饮食类漆器占漆器总数的百分比	资料出处
江陵藤店一号楚墓	15 件	耳杯 7、豆 2	60%	《文物》1973 年第 9 期
江陵李家台 4 号楚墓	22 件	耳杯 7、豆 2	约 40%	《江汉考古》1985 年第 3 期
江陵秦家嘴 48 号楚墓	200 余件	耳杯 40、豆 54	约 45%	《江汉考古》1988 年第 2 期
河南信阳长台关一号楚墓	150 余件	耳杯 30、耳杯豆 30、圆盘豆 12、高足方盒 12、勺 2	约 54%	《信阳楚墓》
河南信阳长台关 2 号楚墓	130 余件	耳杯 13、耳杯豆 21、圆盘豆 28、勺 2	约 46%	《信阳楚墓》
江陵雨台山 554 号楚墓	10 多件	耳杯 4、豆 3	约 50%	《江陵雨台山楚墓》
江陵马山一号楚墓	17 件	耳杯 12、圆盒 1、盘 1	约 76%	《江陵马山一号楚墓》

饮食类漆器的数量增加,表明当时的楚国人将漆用在饮食器制作上的比重增大。造成这种现象的原因是多方面的,仅从科学技术的角度看,说明楚人对天然漆的化学性质,特别是对天然漆优良的耐化学腐蚀性能已经有了比较深刻的认识 and 了解。我们知道,当时人们的饮食用具主要有三种质地的东西:陶器、青铜器、漆器。陶器制作简单、价格便宜,但外观不漂亮,而且容易破碎;青铜器高雅庄重,但用它们作饮食器,不仅制造工艺复杂、价格昂贵,而且青铜器在盛放食物时,时间稍长一点就容易

生锈,这是因为食物中含有大量的水分并不同程度地含有一些酸碱物质。例如出土的古代青铜器在潮湿的空气中表面上很快就会生出一层绿色的铜锈。这种铜锈往往使食物被污染,不仅使食物的颜色发生变化,而且使食物的味道也改变了,令人无法食用。然而,使用漆器作为饮食器就兼有陶器、青铜器两者的优点,同时也克服了它们的一些缺点。

第一,漆器虽然比陶器贵重,但比起精美的青铜器来,价格要便宜得多,而且民间也可以制造。

第二,漆器不仅外观华丽鲜艳,甚至比青铜器还要好看,更重要的是漆器基本上不污染食物,因为漆膜具有优良的耐腐蚀性。

第三,漆器虽然没有青铜器那样结实,但是比起陶器来其破碎的可能性又要小一些。所以我国历来用漆器作饮食器的很多,至今,某些地区仍有使用。我们的邻国日本在某些场合还有用天然漆的制品作饮食用具,道理也正在这里。

从另一角度看,正是因为饮食器是人们常用的器具,需求量大,所以漆器在楚国得到了广泛的应用。此外,前面我们论述过的有关楚人进行大漆精制以及制造色漆的工艺,都说明了楚国劳动人民对天然大漆的有关化学性质已经有了一定的认识和了解,我们称之为“漆化学知识的萌芽”。

二 金属的冶炼与制造

1. 冶铜中的配矿技术与连续冶炼

从考古发现的有关楚国炼铜竖炉的实物资料中,可知当时的冶炼金属铜是连续进行的。所谓连续冶炼,就是加料—冶炼—排放炼出铜液与渣液,继续加料—冶炼……,冶炼工作是不停顿的,与现代金属冶炼的程序相同,这也是铜的冶炼已经达到了较高水平的重要标志之一。连续冶炼的前提是及时地、顺利地排渣(一般说来,渣液量远远大于铜液量,排渣顺利当然排铜

也就顺利了)。如果达不到这一点,也就是不能顺利地排渣,冶炼就无法继续进行。为了能够顺利地排渣,加到竖炉内的各种原料的配比必需合适才行,这就是配矿技术。原料的配比合理,就能得到合理的渣型,在一定的冶炼温度下(当时楚国的冶铜温度在 $1100^{\circ}\text{C} \sim 1200^{\circ}\text{C}$ 之间)这种渣型的粘度(就是炼炉内矿渣的稀稠程度)就合适,就便于排出炉外。

配矿技术就是为了得到合理的渣型,其重要性在于两个方面:

第一,如果渣型不合理,炉渣的熔点比较高,在当时的冶炼温度下,炉渣的粘度大,就无法排出炉外。这样炼一炉铜就要拆一次炉,效率十分低下。

第二,如果渣型不合理,炉渣的熔点比较低,冶炼时渣的熔化速度快,铜矿石中的铜来不及全部被还原,相当一部分未被还原的铜仍然以矿物的形式熔混在炉渣中,使得铜的产率大大降低。

春秋战国时期的楚国是采用氧化铜矿来冶炼金属铜的,燃料及还原剂是木炭。考古工作者曾经做过楚国冶铜竖炉炼铜的模拟实验,发现一座冶铜竖炉一次炉料的主要组成是:含铜量平均约为24%的氧化型铜矿石 180 公斤、栎木炭约 60 公斤、含铁量约为34%的铁矿石 20 公斤。这样的一座竖炉,每昼夜产铜约 353 公斤,需要铜矿石约 1548 公斤、木炭 858 公斤、铁矿石 172 公斤。

炼铜炉中为什么要加入铁矿石呢?这就是配矿技术所需要的。因为当时是采用氧化型的铜矿石冶炼铜,按照现代冶金学的观点,这是一种还原性熔炼,熔炼所产炉渣的成分中以二氧化硅为主,在一定的温度范围内,二氧化硅的含量越高,炉渣的粘度越大,而氧化亚铁则是降低炉渣粘度的成分。我们知道,铁矿石的主要成分是三氧化二铁,它被木炭初步还原后所生成的正是氧化亚铁。由此可以看出,在炼铜竖炉中加入铁矿石是作为熔剂使用的,它的加入,减少了炉渣中二氧化硅的含量,降低了

炉渣的粘度,改善了渣液的流动性,便于排渣,使冶铜能得以连续地进行。

在考古发掘中发现了一些与配矿技术有关的资料,例如:

在大冶铜绿山古代矿冶遗址中,发现了大量的春秋战国时期的炉渣,这些炉渣大都呈薄片状、表面则呈水波纹样。这表明当时冶炼铜矿石时所产生的炉渣,其粘度较低,流动很畅,所以排出炉外时能够形成表面呈水波纹样的薄片状。

在大冶铜绿山古代矿冶遗址中,发现多座炼铜炉的旁边都堆放有铁矿石,这些铁矿石又都是经过人工加工后的矿石颗粒,说明它们是当时炼铜所需要的炉料之一,是作为熔剂加入到炼铜炉中的。

当时的人们为什么会发现并采用铁矿石作为炼铜时的熔剂,而不采用现今所用的石灰石作为熔剂来使用呢?这是由于铜绿山的矿体性质这一特殊条件所决定的。铜绿山是一处铜铁共生矿体,铁矿石是当地的矿产之一。两千多年前的楚国矿工们,在生产手段和技术条件都比较落后的情况下,无论他们在采矿和选矿时多么细心,由于是铜铁共生的矿体,总会无意地,也是不可避免地在他们所开采的铜矿石中混入一些铁矿石。当采用含有铁矿石的炉料进行冶铜时,古代的工匠们就会逐步发现炼铜竖炉中的炉渣较稀、流动性好并且排渣也较容易的现象。在长期的生产实践中不断地受到这种现象的启发,从而发现了这种配矿技术。直到这个时候,他们才可能有意识地将当地出产的铁矿石用石球、石砧等简陋的生产工具加工成有一定粒度的炉料,投入到竖炉中作为熔剂来使用。

配矿技术是我国古代劳动人民在冶金化学上所取得的成果之一,在我国化学史上应有一定的意义。它的出现,证明了早在春秋时期我国已经能够用竖炉连续地进行冶炼铜的生产。

2. 蚁鼻钱与青铜范

蚁鼻钱是楚国最早使用的金属货币,因为其外形有点像蚂蚁的鼻子,所以后来的人们称其为蚁鼻钱;至于在当时的楚国它的名称是什么,目前还不清楚。蚁鼻钱的形状特殊,与中原地区一些诸侯国所生产的刀币、铲币、布币等完全不同,是楚国特有的一种青铜货币。此外,还需要提到的是,蚁鼻钱上所铸的文字也特殊,至今学术界还没有一个统一的解释。

蚁鼻钱是一种青铜货币,与楚国后来使用的郢爰等黄金货币不同。郢爰等黄金货币是一种称量货币,在交易中是采用天平称其重量后再按其重量确定价值的。蚁鼻钱不是称量货币,而是一种单位货币,对每一枚蚁鼻钱来说,其价值是相同的,是以其数量的多少来确定价值的。所以,在一个时期内,同一地区制造的蚁鼻钱其体型大小是相近的。为什么考古发现的大量蚁鼻钱之间大小、重量的差别很大,是因为它们是不同时期、不同地区制造的缘故。由于蚁鼻钱体积较小,其代表的价值就较小,在交易中使用的数量巨大,考古发掘中一次出土数千枚甚至近万枚的蚁鼻钱的事已有多次。这就引起了一个问题,如此数量巨大的蚁鼻钱是怎样生产出来的?

蚁鼻钱是铜与锡、铅的合金,从出土的实物的外形及其内部结构看,它们均是通过铸造成型的。铸造成型的金属器物首先就要有范。范,就是铸造所用的模具,铸造什么样的器物就要有什么样的模具。从考古发掘出土的文物可知,古代劳动人民早期使用的是陶范,也就是用粘土制造的模具,这种模具在铸造前需要经过烘烤,所以称为陶范。陶范取材广泛,可塑性强,古代大多数青铜器都是采用陶范铸造而成的。但是,陶范铸造器物有一个最大的缺点,就是“一器一范”。所谓“一器一范”,就是说,每铸造一件器物就要用一件陶范,器物铸成后陶范也因破损而无法再用,即使是再铸造一件同样的器物也需要另做一范。

因此在古代制造金属铸件时,制范的工作量是很大的。我国在商周时期还曾经用过石范,但石范只能用来铸造一些器型简单的器物。由于蚁鼻钱的表面还铸有文字,所以是难以用石范铸造的。可以设想一下:如果采用陶范来铸造蚁鼻钱,由于是一器一范,要铸造出成千上万枚的蚁鼻钱,其制范的工作量就十分巨大,也难以承受。那么,蚁鼻钱究竟如何铸造出来的呢?考古发现的实物表明,蚁鼻钱是采用金属范铸造成型的。

1982年2月,安徽省繁昌县的文物工作者在该县横山镇收集到两件蚁鼻钱青铜范,这两件青铜范是农民在开挖房基时发现的。繁昌一带自古以来就是铜的出产地,在横山镇附近的铜山就留有春秋战国时期的采铜及冶铜的遗址。至迟在春秋中晚期,繁昌一带就是楚国的疆土,出土的蚁鼻钱青铜范说明,当时的楚国已经在此地进行“即山铸铜”了,就是说已在利用当地开采的矿石冶炼铜并直接生产蚁鼻钱了。这两件蚁鼻钱青铜范的形制相似,呈长方形,范的上端有一半筒形的浇口,是浇铸铜液用的。青铜范的正面阴刻蚁鼻钱的币型(呈凹状),币型的中部有凸起的阳文,文字的下方有一凸起的圆点,与出土的蚁鼻钱实物十分吻合。其中一件长27厘米、宽10.7厘米、厚0.95厘米、重1055克,范面上有64个蚁鼻钱阴刻币型;另一件青铜范上有65个蚁鼻钱的阴刻币型。这些币型主要分为四排,中间有浇道与每个币型相连。类似的蚁鼻钱青铜范在武汉市文物总店、上海市博物馆等处都有收藏,说明在春秋战国时期楚国是采用青铜范来铸造蚁鼻钱的。

采用青铜范铸造蚁鼻钱,其工艺流程大致如下:

(1)在青铜范的正面涂一层脱模剂,以减少浇铸时高温铸液对范面型腔的冲击。楚人用的脱模剂为何物,目前还难以考证。

(2)合范。在蚁鼻钱青铜范的正面紧贴一块平面陶(或金属)板,并使两者之间固定。

(3) 预热。在适当的温度下预热一定的时间,以防止高温铸液遇到较冷的青铜范时过早凝固,形成废品。

(4) 浇铸。将范直立,从浇口注入铜合金的铸液。

(5) 启范。待范内的铸液冷却到一定温度时,松开固定装置,取出铸币的半成品。

(6) 修整。将蚁鼻钱一枚枚地从与浇铸槽形成的青铜条上取下,进行打磨修整。

采用金属范铸造蚁鼻钱,具有如下几大优点:

第一,节省了大量制作陶范的工作。由于金属范可以反复使用,再也不需要重复地、大量地制作蚁鼻钱陶范了。

第二,币型比较统一。由于是采用金属范铸造,产品出于同一个模范,所铸的蚁鼻钱在外形、大小、文字的笔画等方面都几乎相同,完全适应于蚁鼻钱作为单位货币使用的要求。

第三,效率高,为大量生产提供了条件。由于青铜范可以多次反复使用,并且在连续使用时其预热程序还可以省去(或缩短预热时间),这样一组工人如果拥有两副或两副以上的蚁鼻钱青铜范,就可以连续地进行铸造作业。繁昌县横山镇出土的两副蚁鼻钱青铜范,可能就是同一铸钱作坊拥有的模具。仅就铸造而言(除去熔化金属和进行修整半成品的工人),每组有3人至4人即可,一组工人一个工作日可以生产出数百枚到数千枚的蚁鼻钱,其产量是可观的。

可以说,正是楚国在春秋战国时期采用了金属范铸造蚁鼻钱,而且是“即山铸铜”,节省了成本,提高了效率,才能铸造出数量众多的蚁鼻钱,使得这种货币在商品交易中得以大量地流通。

3. 精密铸造工艺——失蜡法

古代铸造金属器物一般都是采用陶范,然而一些外形复杂、特殊的器物采用陶范铸造就十分困难,例如外形呈弯曲状的镂空立体装饰花纹等。为此,古代劳动人民在长期的生产实践中

发明了失蜡法。

失蜡法,是铸造金属器物的一种方法,从现代金属铸造的角度看,它是熔模铸造(又称之为“熔模精密铸造”)工艺中的一种,在实际生产中这一铸造方法又有多种形式。简单地说,失蜡法铸造就是先用蜡料制造一件需要铸造的器物,由于蜡料具有受热变软、遇冷变硬、可塑性好的特点,就像用水和好的粘土一样,因而可以塑造出各种各样形状不同的器物来。更重要的是蜡料的硬度低,还可以在制好的蜡模表面制作出繁复的花纹图案来。在制作好的蜡模表面涂以用砂、石的粉末等调制的浆泥,干燥后就形成了坚硬的外壳,然后进行加热,因为蜡的熔点很低,加热时蜡模很快就熔化而流了出来,只剩下砂、石的粉末制成的外模,这种外模就是用来浇铸金属器物的模范。因为该模范是通过蜡的流失而形成的,所以将这一铸造方法称之为失蜡法。

作为金属铸造工艺的一种,失蜡法的起源很早,在古代埃及、两河流域等地,已经发现一些采用失蜡法铸造的小型金属铸件,其年代可以早到公元前30世纪中晚期。但是,这一方法并没有一直流传下来,中间曾经多次失传,其后又重新发明。对于我国古代失蜡法起源于何时的问题,原来有一种观点认为是从古代印度等地传入我国的,时间在西汉前期左右。近些年来,由于楚墓出土的青铜器中已经有数件是采用失蜡法铸造的,这就将我国古代发明、使用失蜡法的时间至迟提早到了公元前6世纪前期(春秋中期前后),同时也证明了失蜡法在我国的出现是我国古代劳动人民自己创造发明的,楚地是我国古代最早使用失蜡法铸造青铜器的地区。值得注意的是:到目前为止,在成千上万件考古发掘出土的古代青铜器中,采用失蜡法铸造而成的青铜器总数还不足10件,它们几乎都是在春秋战国时期的楚墓或受楚文化影响的墓葬中出土的。其中主要有:

楚共王熊审盂,此器可能现藏于美国大都会博物馆。据有

关资料介绍,该盂由器身与器盖两部分组成,器底有“楚王熊审之孟”6字铭文;器盖上的圆形捉手(就是器盖上的纽)呈镂空状,上面铸有蟠螭等纹饰,似乎是用铜条盘旋缠绕而成的;器身下部的3个器足,也呈镂空状,上有纹饰,也似用铜条盘旋缠绕而成,但实际上它们都是铸造成型的。当然,这种看似用铜条盘旋缠绕而成的捉手与器足是难以用陶范来铸造的,只有采用失蜡法铸成。楚共王熊审的在位年代为公元前590年至公元前560年,所以该盂为公元前6世纪前期的遗物。

河南淅川下寺2号楚墓,是楚国的令尹子庚的墓葬,子庚死于楚康王七年,即公元前553年。该墓出土的长方形铜禁,长103厘米,宽46厘米。根据铸造方面的专家研究,铜禁的蜡模是由28个部件焊成,焊接部位表面不够平整,焊缝较宽而走向不直,具有蜡料热焊时的特征而与陶范拼合铸接的铸缝截然不同。该墓出土的铜盞,其盞盖上的纽与盞身下的三个足都呈缠绕纹样,均是采用蜡条捏出来的,因为在它们的表面还留有蜡料修饰的痕迹。专家们认为,该墓出土的铜禁体积大、纹饰繁复、蜡模构成复杂,说明在当时楚国的失蜡法铸造工艺早已脱离了原始状态而具有了相当的水平。

1986年湖南省岳阳市筲口镇出土的铜盞,其盞盖上由蛇状铜条盘结而成的镂空圈形盖纽,各由两条小蛇状铜条盘结而成的三个盞足,均是采用失蜡法铸造而成的。该墓的年代为春秋中晚期。

湖北随县曾侯乙墓的年代为公元前433年或稍晚一点,属于战国早期,该墓是一座楚国的附属国——曾国的墓葬。墓中出土的青铜尊盘,是我国商周青铜器中目前所见到的具有最精美、最复杂纹饰的稀世之珍。尊的口沿镂空剔透,成为两层,外层为高低相间的蟠虺纹,内层为蟠螭纹,这些透空附饰就是用失蜡法铸造的。湖北省博物馆《曾侯乙墓》一书附录的《青铜尊盘铸造

工艺的鉴定》指出：尊盘上“重叠的蟠虺纹，其内用多条铜梗联接，梗面光滑，截面略呈圆形，联接处接口适中，接面圆滑。铜梗形状弯曲，既起到各层虺纹支撑联接作用，亦为虺纹艺术形象增色，更重要的是它构成了熔模铸造的浇铸系统。……尊、盘的整个附饰表面呈凹凸状，其交界边缘且有个别铜梗盘旋，泥型无法形成。而附饰四角接缝近似于蜡模熔接痕迹，没有泥型分型面特征。”^①

上述几件出土文物表明，楚国从春秋中期之前开始直到战国时期一直在采用失蜡法铸造青铜器，其间没有太大的时间间隔，表明楚国的失蜡法铸造工艺从发明之始就一直处在使用与不断发展的过程中。

楚人采用失蜡法铸造青铜器技术的渊源在哪里？是楚人自己的发明创造还是从别处学习来的？在上述几件楚墓出土的失蜡法青铜器发现之前，在云南省晋宁石寨山曾经出土过一件青铜贮贝器，其器盖附饰经确认为失蜡法铸件，时代为西汉。由此曾经有一种观点认为，我国的失蜡法铸造青铜器工艺是由印度通过云南等地传到内地来的。上述几件楚国失蜡法铸件的出土，彻底否定了这一观点，因为第一，在印度所发现的最早失蜡法铸件的时代与此相近；第二，从楚共王熊审孟和下寺楚墓出土的铜禁来看，春秋前期的楚国失蜡法铸造工艺已经脱离了原始的状态，而曾侯乙墓出土的尊盘已达到了成熟的水平，说明在此之前必定还有一个发生与发展的过程。由此可看出，楚国劳动人民发明、使用失蜡法的时间应该更早。

春秋战国时期，楚人在学习、吸收其他诸侯国青铜铸造技术的基础上发展了自己的青铜铸造业并取得很大的进步，同时楚人也拥有使用失蜡法所需要的原料。《楚辞·招魂》中有“柜枚

^① 湖北省博物馆：《曾侯乙墓》上册，北京，文物出版社，1989年，646页。

蜜餌,有飴餹些”的记载,说明很早之前楚人已经食用蜂蜜,当然可能懂得养蜂和使用蜂蜡,而蜂蜡正是失蜡法常用的原料。所以说,楚人采用失蜡法铸造青铜器是有一定的物质基础和技术基础的。

前面提到的几件楚国青铜器上呈铜条缠绕状的足、纽等,虽然器型复杂多变,难以用陶范铸出,但只要采用失蜡法就容易多了。采用加热后的蜡条可以十分容易地做出这些复杂的器型来,同时在蜡条的表面雕划纹饰也相当方便。蜡模制成后在其表面涂以砂、石的粉末并固化,加热熔去蜡模就可以浇铸青铜器了。

4. 生铁柔化技术

我国古代所冶炼出的生铁,实际上主要是铁与碳的化合物,当然还有其他元素,但含量都很少。按照现代的分类标准,一般将含碳量在 2.0% 以上的铁叫做生铁;含碳量在 0.4% 以下的铁叫做熟铁;含碳量在 0.4% 至 2.0% 的铁叫做钢。与“块炼铁”不同,生铁是通过“液态还原法”冶炼出来的,所以可用它浇注铁鼎、铁釜等各种形状的器物,这是“块炼铁”做不到的。与“块炼铁”相比,生铁最大缺点是脆性较大,这是由于生铁中含碳量高的缘故。这种含碳量高的生铁,其断裂后的裂口呈白色,所以现代又称其为“白口铁”,用这种生铁制造的铁工具在使用中容易发生开裂、崩缺等损坏,使用性能不理想。为了克服这一不足,在战国时期楚国劳动人民发明了“生铁柔化”技术。所谓“生铁柔化”,就是通过一定的处理工艺,使生铁制品的脆性变小而韧性变大。这种通过处理后的生铁制品,由于脆性变小,韧性变大,使其具有了一定的延展性和可锻性,所以现代又称其为“展性铸铁”或“可锻铸铁”。“展性铸铁”或“可锻铸铁”的出现,为铁制工具的大量使用创造了条件,汉代铁农具的大量使用,其原因之一就在于此。

目前考古发现的我国早期展性铸铁制品,几乎都是楚墓中

的出土文物,不仅数量很少,而且大部分还是战国中晚期的遗物,表明这一先进的铁器制作技术极有可能是战国时期楚国工匠的发明。

1974年在湖北大冶铜绿山古代矿井中出土的4件铁斧,据《铜绿山古矿井遗址出土铁制及铜制工具的初步鉴定》一文介绍,其中一件铁斧经过分析检测,发现这件战国时期的铁斧原来是一件白口铁铸件,楚人为了克服白口铁铸件的脆性,可能将其放在900℃以上高温中进行数小时“退火”,即柔化处理,使之变成(不完全的)“白心”展性铸铁了。这件铁斧的刃部的布氏硬度为212~219,而白口铁的布氏硬度为600左右,这一数据告诉我们,铁斧经过柔化处理后,其刃部的脆性有了很大的改善。^①

与铁斧同时出土的六角形铁锄,经检测原来也是一件白口铁铸件;为了消除其脆性,楚人也对其进行过热处理。铁锄的热处理方法与铁斧不完全相同,推测铁锄是在氧化介质或氧化气氛中,于723℃至910℃温度下进行了较长时间的退火,使铁锄中的碳由表面向里面逐步地脱去。经过退火处理后的效果是明显的,铁锄的锄板出土时弯曲成90度,但铁锄的表面仅有微裂而不折断,可见铁锄原有的脆性已经基本消除了。

湖南长沙左家塘44号楚墓出土的铁口锄和长沙砂子塘5号楚墓出土的铁铲,经检测都属于白口铁经过退火处理后的展性铸铁。黄展岳先生在《试论楚国铁器》一文中指出,左家塘44号墓出土的铁口锄为“黑心”展性铸铁。^②

可见,所谓的“生铁柔化”技术,就是将生铁铸件进行退火热处理。现代钢铁研究成果表明,生铁在一定条件下的退火处理,其中所含的碳(冶金行业中称之为“渗碳体”)会逐渐分解变成石墨,

① 冶军:《铜绿山古矿井遗址出土铁制及铜制工具的初步鉴定》,载《文物》,1975年第2期。

② 黄展岳:《试论楚国铁器》,见《湖南考古辑刊》2,长沙,岳麓书社,1984年。

并由许多小石墨片聚集在一起成为团状石墨,现代冶金行业中称之为球状石墨;含有球状石墨的铸铁称之为球墨铸铁,是一种优良的材料,与普通铸铁(即生铁)相比,其使用性能要好得多。

在西方,展性铸铁分为“欧洲式”展性铸铁(又称“白心”展性铸铁)和“美国式”展性铸铁(又称“黑心”展性铸铁),前者出现在1720年之后,后者更晚一些。而大冶铜绿山出土的战国时期的铁斧、六角形铁锄,长沙楚墓出土的战国时期的铁铲等,经现代检测均为展性铸铁制品,其中铁斧是一件典型的“白心”展性铸铁件,铁口锄是“黑心”展性铸铁件。所以我们说楚地使用铁器的时间虽然比西方要晚几个世纪,但是楚地使用生铁的时间比西方要早约500年,而使用展性铸铁的时间比西方至少要早2000年。

5. 块炼渗碳钢——百炼工艺的萌芽

1975年,湖南长沙杨家山65号楚墓中出土了一件钢剑,年代为春秋晚期。该剑内部尚残留有很少量的铁芯,取样检测发现其剑身断面上有反复折叠锻打的层次,约有7~9层,金相鉴定表明,其组织为含碳量0.5%的中碳钢,十分均匀,碳化物有些球化,相当于高温回火的处理状态,是经过反复锻打渗碳而成的渗碳钢制品,所以被称之为钢剑。消息发表后,在国内外引起了轰动,2500多年前的楚地劳动人民已经能够生产出钢制品,确实令人惊讶不已。实际上,这种渗碳钢制品,在春秋晚期或战国早期的楚墓中已经有多件出土,在湖南、湖北都有发现。例如:

为了配合著名的三峡工程的进行,湖北省文物考古研究所原秭归县城对岸的庙坪开展了一系列的考古发掘工作,其中在编号为96ZM. M8的一座时代为战国时期的墓葬中出土了一柄铁剑。由于地质条件的影响,铁剑出土时锈蚀程度相当严重,大部分表面粘满了灰白色和褐色的泥土,与铁剑的锈蚀物混在一起,呈小碎块状开裂和脱落。铁剑的外面原带有木质的剑鞘,

在木质纤维痕迹的上面还残留有少量织物的痕迹,表明铁剑随葬时曾经用纺织品包裹着,以示其珍贵。铁剑无剑首,通长约 71 厘米、剑格处宽约 5.4 厘米,剑格为铜制,表面布满了铸成的凹形花纹。经过金相观察及二次电子图像,都表明铁剑内部有大量细小孔洞分布,这一现象反映出铁剑在制造过程中曾经经过反复的锻打。因为反复锻打的过程就是一种固体搅拌的过程,它不仅使铁剑内部的大块夹杂物排出去或变细变小,同时也使铁剑的结构变得致密,使内部的空隙变得细小而均匀。大量细小的孔洞分布就是细小的夹杂物和碳等被氧化或流失后而留下来的。因此,该铁剑是以块炼铁为原料,经过反复锻打后制造而成的,极有可能也是一件钢制品。

1984 年在湖南益阳赫山镇 11 号楚墓出土的铁剑,扁平茎,附有铜剑首和菱形铜格,剑身两边也有刃,尖锋,表面虽锈蚀严重,但去锈后仍具有金属光泽,该剑系采用块炼铁反复锻打而成的块炼钢,剑长 78 厘米,茎长 14 厘米,剑宽 3.5 厘米。赫山镇 16 号楚墓也出土有一柄铁剑,外形与 11 号楚墓出土的铁剑基本相同,仅有铜剑格,无铜剑首,剑长 88 厘米,茎长 13 厘米,剑宽 3.6 厘米。

湖北宜昌前坪战国墓中出土了一柄带有铜剑格和铜剑首的铁剑,长达 120 厘米,是目前楚墓中出土最长的铁剑之一。虽然未经分析测定,估计也应是块炼铁锻打后的产品。

块炼铁,有时又称之为“柔铁”、“熟铁”,从这些名称中可以看出块炼铁的一个特点,就是含碳量少,硬度较低,比较柔软,易于锻造。同时,块炼铁的内部结构疏松,夹杂物多,也必需通过锻造成型,才能提高使用性能。块炼铁的锻造成型工艺为块炼渗碳钢的出现奠定了基础。

以块炼铁为原料制造铁器,一般都是在加热的条件下锻打成型,在加热与锻打的过程中,燃料中的碳就有可能缓慢地渗入

到铁的内部,从而使块炼铁的含碳量增高而成为钢。同时在锻打成型的过程中,特别是反复折叠锻打时,还会产生如下的几点结果:

(1)排除块炼铁中存在的部分夹杂物,同时使仍然留在块炼铁内的夹杂物尺寸变小,分布趋于均匀。

(2)反复锻打可以起到一种类似于机械搅拌的作用。锻打越充分,则搅拌的作用越强,可使碳及其他的组成分布均匀。

(3)反复锻打可以使块炼铁内部疏松的组织变得致密,增强了它的各种机械性能。

可见,经过反复锻打之后,可使结构疏松、硬度较低的块炼铁的使用性能有相当大的提高,使其制出的铁剑十分锋利。同时也可以看到,以块炼铁为原料制造铁器时,一般都是经过锻打成型,而且是折叠锻打,当锻打的次数达到一定时,由于原料内部组成和结构的改变,例如碳的含量增加等,块炼铁就成了块炼渗碳钢。在春秋战国时期,人们对铁的冶铸没有检测手段,以块炼铁为原料生产钢制品,完全是以制成的产品性能为依据,凭借着经验进行的,如加热的程度和锻打的次数等都是凭借长期积累的实际经验来掌握。到了战国中晚期,这种制作工艺已经逐步地为楚国劳动人民所普遍掌握。

块炼渗碳钢制造工艺的出现对我国后来的钢铁制造产生过一定的影响,我国历史上有名的“百炼钢”工艺就是在块炼渗碳钢的基础上发展起来的。“百炼钢”工艺的主要特征是在制造过程中要经过反复加热锻打。宋·沈括《梦溪笔谈》卷三记载:“予出使至磁州,锻坊观炼铁,方识真钢。”“但取精铁锻之百余火,每锻称之,一锻一轻,至累锻而斤两不减,则纯钢也。虽百炼,不耗矣。”明·李时珍《本草纲目》“金石·钢铁”条记载:“钢铁有三种:有生铁杂熟铁炼成者,有精铁百炼出钢者……”。其后者指的就是百炼钢。百炼钢所用的原料是熟铁,熟铁含碳量低,比较

软,在反复加热锻打的过程中,逐渐渗入碳,同时熟铁内部的夹杂物被排出或细化,就制成了钢。可见,百炼钢与块炼渗碳钢在制造原理和制造工艺上是基本相同的。

块炼渗碳钢的出现是楚国冶铁和制铁技术的一项重大进步,它与楚国的生铁柔化技术是代表楚国冶铁水平的主要标志,显示出距今约 2500 年前楚国的冶铁业已经从“炼铁”阶段逐步向“炼钢”阶段迈进。

三 早期的数学知识

1. 算筹与筹算

算筹,是我国古代一种用于计算的工具,一般由小竹棍或小木棍组成。楚国是最早使用算筹的地区之一,从目前考古发掘出土的文物来看,1954 年在长沙楚墓中发掘出土的算筹,是一种长约 12 厘米的小竹棍,一共有 40 根,它们也是到目前为止考古发现的我国最早的算筹之一;在湖北江陵张家山 247 号西汉初年墓中出土有《算数书》,同时出土的还有一捆算筹,外形上与长沙楚墓中出土的算筹相似。在下面的“楚《算数书》与《九章算术》”一节中我们将要论述《算数书》是楚人的作品,所以说该墓出土的算筹也应是楚人的制品。这些算筹实物的出土说明在春秋战国时期,算筹在楚国已经是一种得到比较广泛使用的计算工具了。

利用算筹为工具进行的计算,就叫做筹算。那么利用这些小竹棍、小木棍是如何进行计算的呢?据考证,用算筹来表示 1~9 这 9 个数字有两种方法,即纵式与横式:

纵式: | || ||| |||| T TT TTT

横式: — = ≡ ≡≡ ≡≡ ≡ ≡ ≡

在实际运算时,一般说来是个位用纵式,十位用横式,百位用纵式,千位又用横式,彼此错开,以此类推,即是所谓的“一纵

十横,百立千僵”,当然也有是反过来用的。用这种方式来表示自然数,遇到零的时候就空位来表示。

用算筹进行筹算时,是严格遵守十进位制记数法的,9以上的数就进一位,所谓“逢十进一”。而同一个数,在十位时就代表几十,在百位时就代表几百,在千位时就代表几千。这种记数方法与现今的记数法实质上是完全一样的,这是一种优越的记数方法,我国古代在数字计算方面所取得的伟大成就,都与这个优越的记数方法有关系。

这种以算筹为工具的计算方法,是我国古代劳动人民一项极为出色的创造发明。我国古代数学著作《九章算术》、《周髀算经》中所总结的众多数学计算问题,许多都是以算筹为工具计算出来的,所以说筹算的功绩是很大的。从使用算筹开始到公元16世纪珠算普遍应用之前,筹算的方法一直沿用了近两千年的时间,它不仅在我国古代的生产和生活中发挥了重大的作用,同时在我国数学和世界数学史上都占有重要的地位。

春秋战国时期的楚国人采用算筹进行筹算的方法,在出土文物中也可以找到点滴的证据。吴兴汉先生在《楚金币研究》一文中曾经提到,在安徽临泉、寿县等地出土的战国时期的楚国金币的背面或侧面上都刻有数字,如临泉艾亭出土的郢爱(阜66号)背面刻有“ $\parallel =$ ”的数字连文,可读为22;临泉艾亭出土的郢爱(阜55号)侧面刻有“ $\parallel = 1 =$ ”的数字连文,可读为3212;寿县东津公社门西出土的整块郢爱(寿6号)背面刻有“ $- 1 \equiv \parallel$ ”的数字连文,可读为1133。这些数字就是楚国人用算筹计算出来的结果。

当然,用算筹为运算工具的筹算,也存在着缺点,特别是当计算的数字位数较多时,摆放算筹所需要的面积很大,运算速度稍快时往往容易弄错等。到了宋、元时期,筹算就逐步被珠算代替了。我们可以看一看,在算盘上用算珠表示的1~9的方法与

算筹的横式摆法是多么相似,仅此一点,就可证明我国古代的算盘是在算筹的基础上诞生与发展起来的。

算筹、算盘、手摇计算器、电子计算机,从功能上讲它们都是人类所使用的一种计算工具。从时间上讲,电子计算机是计算工具发展到现代的产物,而楚人使用的算筹却是世界上最古老的计算工具之一。

2. 砝码中的数列

春秋战国时期的楚国人在称量黄金时使用的是天平和砝码。这里仅仅就楚国青铜砝码中所反映的数列问题作一论述。

楚人称量黄金所使用的砝码在多座楚墓中都有发现,这是一种青铜制造的呈圆环状的物品,大者如儿童玩具车上的车轮,小者如大耳环。有趣的是,这种青铜制造的砝码常常是几个一组的出土,而且在同一组砝码中各个砝码的重量之间常呈现出一种有序的数学关系。请看表2—2中所列出的几组青铜砝码的重量:

表2—2 楚墓中出土的几组青铜砝码的重量

名称	重量及 序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
雨台山青 铜砝码	重量 (克)			1.98	3.8	7.75	15.77	30.9	62	125	
九店青 铜砝码	重量 (克)			2.13		7.64	15.44	30.98	61.75	124	
左家公山 青铜砝码	重量 (克)	0.6	1.2	2.1	4.6	8	15.6	31.1	61.8	125	
钧益青 铜砝码	重量 (克)	0.69	1.3	1.9	3.9	8	15.5	30.3	61.6	124.4	251.3

以上几组砝码分别出土于江陵雨台山419号楚墓、江陵九店

423 号楚墓、长沙左家公山 15 号楚墓和长沙近郊楚墓中。它们在墓中都已经埋藏了两千多年的时间。如果我们将几千年来它们在墓坑中被腐蚀而产生的误差,古代人们在制造它们时所产生的误差等一并考虑的话,从上表中可以明显地看出同一组砝码的重量之间存在着如下的数学关系:

$$1, 2, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, 384$$

也可以这样表示:

$$1, 2, 3 \times 2^0, 3 \times 2^1, 3 \times 2^2, 3 \times 2^3, 3 \times 2^4, 3 \times 2^5, 3 \times 2^6, 3 \times 2^7$$

那么,楚国人为何要按这种数列的形式来确定每一组青铜砝码内各个砝码的重量呢?在回答这一问题之前,需要将有关楚国青铜砝码研究的几点已有成果介绍如下:

出土的青铜砝码及与之配套使用的天平是用来称量黄金的,所以天平的最大称量一般都很小;当时楚国的黄金重量是以益、两、铢三种单位来表示的,一益等于十六两,相当于现今的 250 克,一两等于二十四铢,约相当于现今的 15.6 克,一铢约等于现今的 0.69 克。因为钩益砝码中,即上表中的 9 号砝码上阴铸有“钩益”二字的铭文,钩同均,均益,就是平分一益的意思,该枚砝码的重量为 124.4 克,正是半益。另外江陵九店 423 号楚墓中出土的一套 6 枚青铜砝码中,即上表中的 8 号砝码上阴铸有“四两”的铭文,该枚砝码的重量为 61.75 克,正与四分之一益相当。

下面就以有 10 个序号的钩益砝码为例,来说明砝码重量间呈现数列关系的原因所在。

钩益砝码共有 10 个,其总重量是楚制 2 益,或 32 两,或 768 铢,这是它所能表示的最大重量,也是与之配套使用的天平的称量范围,即最大的称量是楚制 2 益。它的最小的砝码重量是 1 铢,这是它所能表示的最小重量,也是与之配套的天平的最小称量。为了能以称出最小重量为 1 铢以及楚制 2 益之内任何一个重量单位(以铢为基本单位)的黄金,这 10 个砝码是缺一不可

的。例如：要称量出 11 铢的黄金，只要将钩益砝码中序号为 2、3、4 三个砝码放在天平的一端就行了；要称量 1 益 3 两 7 铢的黄金，只要钩益砝码中序号为 1、4、6、7、10 五个砝码放在天平的一端就行了。

但是，如果在钩益砝码的 10 个砝码中任减去一个砝码的话，要想称量出最小重量为 1 铢，最大重量为楚制 2 益范围内的任何一个单位重量（以铢为基本单位），就是绝对不可能的了。事实证明确是如此。也就是说，10 个砝码的个数是最少的。

同样，江陵雨台山出土的砝码，最小称量是 3 铢，最大称量是 15 两 21 铢，即 381 铢，在这一特定的称量范围内，这 7 个序号的砝码也是缺一不可的。

当然，当时的楚国人也可以为称量黄金的天平制造出各种不同重量的砝码，如 4 铢、7 铢或 5 两、9 两之类的砝码，但那样做既费事又不方便，纯属“画蛇添足”之作。

在一定的条件下，如何用最少的因数去表示特定范围内的每个数（指自然数），这一古代的“币值问题”，两千多年前的楚国人在砝码的重量制作上已经解决了它。

注意一下我们现今所用的货币就会发现，无论是分币、角币还是元币，都只有三种币值，即 1、2、5。因为只要有了这三种币值的货币，就可以通过相加而表示出任何一种数目的币值来（以分为基本单位），有了这三种币值的货币就够用了，无需再印制什么 3 分、4 分或 7 角、8 角之类的货币了。

同样，我们现今日常生活和工作中常用的天平、台秤、磅秤等衡器，它们的砝码或秤砣所表示的重量也都是按 1、2、2、5 的形制来制作的（多一个 2 与十进制有关），有了这三种不同重量的砝码或秤砣，就可以表示出称量范围内的各种重量（指同一重量单位）。

同样的原因，在 1 益等于 16 两，1 两等于 24 铢的重量换算

关系下,在一定的称量范围内要称出每一个重量的黄金,同时又要使砝码的个数最少,楚国的一组砝码重量之间就要制成上述数列的形式。

两千多年前的楚国在称量黄金时所采用的益、两、铢这些重量单位及其换算关系,对我国后来的衡器发展有过较大的影响。特别是广为人们熟悉的1斤等于16两的重量换算关系,在我国一直沿用了两千多年而无重大变化,直到前些年仍在我国民间,特别是在称量中草药时使用。

更为有趣的是,在我们的邻国印度,公元前3000年~前1700年之间,使用的是石料磨成立方体、圆锥体、圆柱体或桶状的砝码,砝码的重量间亦呈现等比数列的关系,即1、2、4、8、16、32、64等。它与楚国的青铜砝码之间有无什么关系存在,目前尚不清楚,但它们在下面两点上又确有共同之处:

第一,同一组(套)砝码内,不同的砝码重量之间呈等比数列或类似于等比数列的关系;

第二,均存在十六进制。

这一涉及到早期中外文化交流的历史秘密的破译,有待于将来的考古发掘和研究。

3. “黄金分割”与楚墓室门

2500年前,古希腊哲学家、数学家毕达哥拉斯(前582~前500年)为了推敲出和谐的声音,将一根琴弦分成长短两节,他反复比较后发现,当长节:短节=全线:长节=1.618:1时最为理想。后来,哲学家柏拉图把这种奇妙的比例称之为“黄金分割”。在数学中,人们将“黄金分割”称之为“外中分割”。如果我们把两节琴弦的比例颠倒一下,就成了短节:长节=长节:全线=1:1.618,该比值约等于0.618。这个0.618又称之为黄金的标界或黄金节。除了1:1.618之外,凡因不同的用途和功能所产生的比例关系介于1:1.4至1:1.6之间者,都被认为是可取的悦目比

例。毕达哥拉斯学派认为,建筑物的美观和谐也决定于建筑物各部分之间的最佳比例关系,所以“黄金分割”在建筑上也产生了重要的作用。

在湖北楚墓的发掘中,无论是大中型楚墓或小型楚墓,都发现过将墓坑分隔成几个墓室的墓室门。如江陵天星观1号大型楚墓,墓坑分为5大室、7小室,俨然是一处地下住宅,在各墓室间的板壁上绘有11幅形制、大小基本相同的壁画,画上绘有横枋、立柱、门板等构件,无疑是为死者制作的用于沟通墓内各室的对开式的板“门”,此“门”高约107.0厘米、宽约70.0厘米,宽长比约为1:1.5,属于“黄金分割”的比例。江陵雨台山554号墓是一座小型楚墓,在墓室的头箱和棺室之间有一对开式板门,板门的门板高101厘米,两块门板总宽68厘米,门的宽长比约为1:1.5;雨台山169号楚墓的头箱和棺室之间也有一对开式板门,门板高69厘米,两块门板总宽46厘米,宽长比也约为1:1.5……至今,在近10座楚墓中都发现有这种宽长比呈“黄金分割”的墓室门,充分说明了“黄金分割”的比例关系在楚墓室门上的使用决不是孤立或巧合。

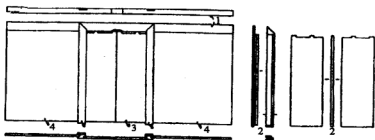


图2—2 江陵雨台山 M554 边箱门板图①

1. 隔梁 2. 立柱 3. 门板 4. 隔板

① 湖北省荆州地区博物馆:《江陵雨台山楚墓》,北京,文物出版社,1984年,28页。

从思想意识方面来看,楚人“信巫鬼,重淫祀”,认为人死后在地下一样要生活,其地下的住宅与其生前的地上住宅应是相似的,所以楚墓室门也就是楚人地上住宅门的真实反映;虽然这些墓室门的尺寸都比较小,但从结构上看,它们均由横枋、垫板、门楣、立柱、立颊等和两块对开式的板门组成,与近现代湖北农村一些地区使用的对开式板门几乎完全相同。所以,应该说这些墓室门是按照当时楚国地面建筑物的样式按比例缩小后用于墓葬中的。以上两点充分证明了战国中期前后楚人住宅门的形式就是这种对开式的板门,而且说明这种板门的宽长是按“黄金分割”的比例关系制作的。

楚国房屋建筑中的板门为什么要做成“对开式”的呢?我们知道,楚地盛产木材,木材质地坚固,耐久性较好,易于加工。用木材制作的房屋中的门,其功能应便于人的通行,门高需由人体的身高来确定。通过对楚墓中多具人骨架的测定可知,两千多年前楚国人的身高与现代湖北地区人的身高大体相同,因此,板门的高度必须在2米左右才合适。同时,为了使板门所形成的长方形是最耐看的长方形,也就是说板门的长宽比例要符合“黄金分割”的比例关系,板门的宽度必须保持在1.4米左右。另外,从发掘出的多座楚墓板门实物的结构可以看出,此种板门是通过门轴、门臼与门框连在一起的。在门的开关过程中,由于重心偏移,门轴与门臼之间必然产生摩擦。摩擦力的大小,取决于门的重量,也取决于门的重心与门轴间的距离远近。门越重,其重心与门轴相距越远,则门轴与门臼之间的摩擦力就越大,开关时就越费劲,而且对门轴、门臼的强度要求也越高。为了解决这一矛盾,只有减轻门的重量或缩短门的重心与门轴的距离。前者由于受到木门厚度的限制,不易实现,于是只有减少木门的宽度以缩短门的重心与门轴间的距离。楚人为了使板门的长宽保持“黄金分割”的比例关系,同时又为了避免门板太宽、太重而产



生的开关困难,将门板制成了两块,成了“对开式”,从而将木门的使用功能与其美观统一了起来。这也再一次证明“黄金分割”比例关系在楚国建筑中的使用并不是偶尔出现的现象,它具有一定的广泛性;楚人在建筑中使用这个比例关系时,是以一定数学知识作为基础的。

虽然目前尚未发现楚人关于“黄金分割”比例关系的记载,但是出土的楚墓室门说明至迟在公元前4世纪,“黄金分割”的比例关系已在楚国建筑中得到了应用,楚人发现这一比例关系的时间应该更早。实际上在春秋战国时期,楚人的数学知识已达到了比较高的水平。这在文献记载及出土文物中都有反映。例如,《左传·襄公二十五年》:“芻掩书土田,度山林,鸿数泽……。赋车籍马……。”《左传·宣公十一年》:“令尹芻艾猎城沂……量功命日,分财用……度有司。”丈量山林、田地等面积;计算赋税并换算成车马等的数量;修筑城池时丈量城基,计算土方工程及用工、用料等,都说明楚人已经有了一套数学计算方法。1984年初在江陵一座砖瓦厂发现的247号西汉早期墓中出土的《算数书》,就是一部楚人的数学著作(论述详后)。

当长、宽比为“黄金分割”时长方形“最耐看”,正因为存在着这种悦目的比例关系,符合这一比例关系的楚墓中的对开式板门看起来才有美的感受。

“黄金分割”的比例关系在古代埃及的建筑中也曾得到过应用,如著名的胡福金字塔,高146米、底边长230米,高与底边之比约为1:1.6。在我国,古老的木塔之王——山西省应县木塔,其底宽与高度之比也在“黄金分割”的比例范围之内。

据传说,毕达哥拉斯曾到过东方,有可能了解到古代印度人和阿拉伯人的数学知识,但这些毕竟只是传说而已,没有任何根据。然而,毕达哥拉斯在公元前6世纪后期发现的“黄金分割”比例关系,在公元前4世纪的楚国“对开式”板门上已经得到了

应用,说明楚人在此之前早已认识 and 了解“黄金分割”的比例关系。两者在时间上的巧合是否暗示着它们之间存在着某种联系呢?对此,目前尚不得而知。

4. 楚《算数书》与《九章算术》

1983 年底至 1984 年初,湖北省考古工作者在江陵县张家山发掘出一座西汉早期的墓葬,编号为 247 号墓。该墓所处的位置,东南距现今的荆州古城约 1.5 公里,东北距楚国的故都纪南城约 3.5 公里。这是一座一棺一槨的小型墓葬,墓坑长 3.48 米、宽 1.58 米、残深 1.2 米,在墓的头箱出土了 1000 多枚竹简。这些竹简原来都是放在一件竹筭内,后来散乱了。通过初步清理,发现竹简的内容有《算数书》、历谱、汉律等多种,其中《算数书》由 190 枚竹简组成。该墓同时出土的还有算筹、石砚、研墨石、鸠杖(即老人用的拐杖)等物品,表明墓主人是一位年长的、博学多才的人士。

根据《江陵张家山汉墓概述》等文章介绍,从该墓出土的竹简上的文字记载来看,墓主人生前曾经有过“降为汉”、“病免”等经历,可能是指他于汉高祖(刘邦)五年(前202年)自楚降汉,在汉惠帝元年(前194年)“病免”——年老多病,告老还乡。墓中出土的鸠杖与此正相吻合。年老的墓主人回乡几年后就逝世了,这与考古工作者从该墓出土的器物等推断出的该墓下葬年代为西汉初年的吕后时期(前189~前185年),也是相当吻合的。^①由此,可以看出,该墓的主人原是楚人,生长、生活在楚国的故都——纪南城附近,年老多病时又回到了家乡安度晚年;这位博学多才的老人逝世后,其生前喜爱的物品又随葬于他的墓中。所以,从墓葬的年代、地点,墓主人的身份、经历及其年龄等多方面来看,该墓出土的《算数书》都应该属于楚地产物,是楚国数学成就的

① 张家山汉墓竹简整理小组:《江陵张家山汉墓概述》,载《文物》,1985年第1期。

反映,代表的是战国时期楚人的数学水平;虽然它出土于西汉初年的墓葬中,但从本质上来看,它应该属于楚的《算数书》。

在《算数书》出土之前,我国现存最古老的数学专著是《九章算术》,《九章算术》的成书年代为西汉中晚期或东汉初年,中外学术界都曾给予很高的评价。吴文俊先生在《九章算术注释·序》中指出:《九章算术》“不仅指导着我国数学的发展达两千余年之久,而且对世界数学的发展也有不可估量的巨大影响”。^①然而《算数书》是一本比《九章算术》年代更早的数学专著,要早一、二百年,同时两者之间又有着密切的联系,仅此一点就可以看出《算数书》的珍贵及其在学术研究中的重要意义。

根据《江陵张家山汉简概述》一文介绍,《算数书》与《九章算术》一样,也是一本数学问题集,考古工作者与古文字工作者已经从《算数书》中整理出的小标题约有60个,它们中有些是以算法为题,如《分乘》、《增减》、《相乘》、《合分》等;有些是与经济生活密切相关的,如《里田》、《税田》、《金贾(价)》、《程禾》等。此外,《算数书》中的部分内容与《九章算术》之间有着密切的联系,现举一例:《算数书》中有《少广》一节,《九章算术》中也有《少广》一节,两者的内容和文字也较为相近。现将两者的内容对比如下:^②

《算数书》:

少广:广一步半步。以一为二,半为一,同之三,以为法。即直二百四十步,亦以一为二,除如法得从步。为从百六十步……

① 见白尚恕:《九章算术注释》,北京,科学出版社,1983年。

② 张家山汉墓竹简整理小组:《江陵张家山汉墓概述》,载《文物》,1985年第1期。

《九章算术》卷四《少广》：

今有田广一步半，求田一亩，问从几何？答曰：一百六十步。
 术曰：下有半，是二分之一。以一为二，半为一，并之得三，为法。
 置田二百四十步，亦以一为二乘之，为实。实如法得从步。

可见，《算数书》中的部分内容为后来的《九章算术》所收录，也就是说前者是后者的渊源之一。由此可以认为，《九章算术》包含了战国时期楚人的数学成就，它是在《算数书》等战国时期数学成就的基础上成书的。从目前考古发现的有关资料来看，《算数书》是我国现存的一部比《九章算术》还要古老的数学著作，也是目前所知的年代最早的数学著作。

出土于楚地的《算数书》，它所反映出的楚人在数学上的成就，是楚地劳动人民在生产实践中逐步创造与发展起来的。据《左传·宣公十一年》（前598年）记载：“令尹芺艾猎城沂……量功命日，分财用，平板干，称畚筑，程土物，议远迩，略基趾，具糗粮，度有司。”就是指楚国的令尹在主持修筑沂城城墙时，要根据工程总量来计算工作日，做好经费预算，计算好采用夹板夯筑的方法（现代俗称“干打垒”）筑城墙时所需要的板材、土方量、取土地点的远近、城墙基址的大小，需要多少人力及粮食的准备等。这些工程上的问题当然要用一定的数学知识来进行计算，而出土《算数书》中所记载的有关“分乘”、“增减”、“合分”等数学知识正是其所需要并加以使用的。古代的埃及人因为尼罗河的经常泛滥，常常需要丈量土地而逐步地产生了几何学，春秋战国时期的楚人也正是在各种生产实践的不断积累中才形成了《算数书》这样的数学著作。

第三节 从出土的楚国玻璃看早期的 中外文化交流

有关早期的中外文化交流问题,一直是学术界关心的课题之一。在我国,北方的“丝绸之路”早已闻名于世,它在中外文化交流史上占有十分重要的地位。一般认为,北方“丝绸之路”的开通是在西汉初年张骞通西域之时,这也是人们都熟悉的。实际上,在此一百多年前的战国中晚期时,楚国的丝绸已经运到北方“丝绸之路”上的某些地区,这一点已为现代的考古发掘资料所证实。

关于在原苏联阿尔泰的巴泽雷克古代游牧民族的贵族墓葬中发现的刺绣丝织物,熊传新先生指出,无论丝纤维、花纹风格还是刺绣工艺,这些刺绣丝织物都与长沙烈士公园3号墓中出土的战国时期楚国龙凤刺绣相同。这些丝绸很有可能是楚国、郑国或其他诸侯国的商人携至北方出售的。^①

沈福伟先生在《中西文化交流史》一书中指出:

在新疆的阿拉沟(托克逊西)东口,1977年也发现了春秋、战国时期的丝织物和漆器。出土的菱纹链式罗是战国时内地刚刚才有的丝织珍品,由于外销,已经沿着丝绸之路运到了天山山麓。^②

菱纹链式罗在战国时期的楚墓中已有实物出土,如江陵马山一号楚墓出土的四经绞素罗就呈菱纹链式,这类丝绸品种在同时代的其他墓葬中极少发现,所以新疆阿拉沟东口出土的漆

① 熊传新:《楚国的丝绸业》,载《江汉论坛》1982年第8期。

② 沈福伟:《中西文化交流史》,上海人民出版社,1985年,22页。

器和菱纹罗极有可能是楚国的产品。

仅仅从上述资料来看,楚文化与域外文化之间的交流也可能是存在的。这里所说的域外,是指我国现今版图以外的地区,这里所涉及到的主要是古希腊、西亚、印度、南亚及东南亚一带地区。

从地理区域的角度看,我国同西方古代文明地区的文化交流,大体上应该有南北两条通道。北道就是有名的“丝绸之路”;南道则是从云南、两广等地的海路或陆路,经过印度、南亚、东南亚地区再通往西亚及西方。上面已论述的有关阿尔泰、阿拉沟等地出土的丝绸等,只是表明楚国的丝绸等已经运到了靠近西亚的地区,但是否与西亚、古希腊等地发生过文化交流,目前尚无任何可寻的线索。然而在南道,通过对考古发现的古玻璃等方面的研究,却找到了早期中西文化交流的点滴线索,所以可称之为“玻璃之路”,而且是萌芽时期的中外文化交流之路。更为重要的是,这条“玻璃之路”自开通以后直至明清时期一直没有长时期地中断过,虽然没有像北方的“丝绸之路”那样有名和发展,然而它却是一直存在着的。这一点在我国汉代及汉以后各个时代的文献中均有记载,如《汉书·地理志》、《后汉书·西域传》、《三国志·吴志》、《梁书·扶南传》、《新唐书·地理志》、宋·赵汝适《诸蕃志》、元·汪大渊《岛夷志略》等。近年来,国内外学术界多次进行过讨论的“陶瓷之路”、“稻米之路”等,无不与“玻璃之路”有关,从这一点上来讲,“玻璃之路”可以说是我国“海上丝绸之路”的前身。下面主要根据楚墓及受楚文化影响的墓葬中出土的玻璃(或相近的)制品进行讨论。

一 楚墓中出土的氟昂斯制品

氟昂斯,是英语 Faience 的译音,也有的译成费昂斯。氟昂斯制品是一种在外观上、原材料上都与玻璃制品相近似的一种

东西。氟昂斯制品最早出现在美索不达米亚和古埃及地区,在公元前 4000 年前就已经出现了;在古代印度,公元前 3000 年也开始生产氟昂斯制品;在世界上的有些地区氟昂斯制品的生产还一直延续到公元 14 世纪。从原材料上来看,氟昂斯制品的主体材料一般都是磨细的石英砂(主要成分是二氧化硅),掺和上少量的碱水或其他助熔剂与粘合剂,塑成一定的形状后,加热到 900℃ 左右而成;从外观上看,氟昂斯制品的表面因石英砂表层的二氧化硅的熔化而形成一薄层玻璃质,与玻璃制品相近,虽然氟昂斯制品内部的石英砂表面也因在碱或其他助熔剂与温度的作用下已部分熔化而相互粘结在一起,但石英砂的颗粒并没有完全融化,仍然保持着晶体状态,这是与玻璃制品不相同的。此外,从成型工艺上看,氟昂斯制品是先成型后融熔,而玻璃制品却是先融熔后成型,这也是两者之间的根本差别所在。

1. 出土实物

从目前已经发表的有关考古发掘的资料来看,出土氟昂斯制品的楚墓中,时代最早的为春秋中期偏晚的河南淅川下寺楚墓,时代最晚的为战国中晚期的楚墓,至少延续了 300 年。表 2—3 是部分楚墓中出土氟昂斯制品的情况(器物的名称仍用考古报告中的名称)。

2. 楚墓中出土氟昂斯制品所反映出的有关问题

(1) 上面所举的几座出土有氟昂斯制品的楚墓,其时代从春秋中期到战国中晚期,至少延续 300 年的时间,中间没有长时间的间隔,这表明氟昂斯制品的生产在楚国出现后几乎一直没有中断过。

(2) 出土的氟昂斯制品几乎都是与玉石、玛瑙、水晶等相近似的饰品一起出土,表明在当时的楚地氟昂斯制品的功能与玉石类器物是相同的。也可以说,氟昂斯制品是作为玉石类器物的补充而出现的。

表 2—3 部分楚墓出土氟昂斯制品的情况(一)

出土地点与墓葬编号	时代	名称	数量	外观与尺寸(厘米)	同出的器物	资料来源
河南浙川下寺 M2	公元前 552 年 或稍后。春秋 中期偏晚	料珠 料管	49 颗 11 件	料珠菱形,中部呈棱状凸起,浅绿色,表面细密,内部疏松,多气孔,直径 1.2~1.6。 料管浅绿色,直管形。器表有小孔突多个,长 0.8~2.1,直径 0.4。	玉、玛瑙、石等 质地的珠、管 等。	《浙川下寺 春秋楚墓》
河南浙川下寺 M3	春秋中期偏晚	料珠 料管	22 颗 5 件	料珠菱形,中部呈棱状凸起,浅绿色,表面细密,内部疏松,多气孔,直径 0.8~1.1。 料管浅绿色,直管形。器表有小孔突多个,长 1.6~2.1,直径 0.6。	玛瑙、石等质 地的珠、管及 玉饰等。	《浙川下寺 春秋楚墓》
湖北随县曾侯乙墓	公元前 433 年 或稍后几年。 战国早期	陶珠	38 颗	37 颗为泥质黑皮陶,不属于氟昂斯制品。另一颗菱形,中部呈棱状凸起,表面绿色,灰白胎,火候高,凸起处品字形排列 3 个湖蓝色圆凸点。直径 1.1,孔径 0.3。	玻璃珠,石珠 及大量的玉饰 等	《曾侯乙墓》
湖北荆门罗坡岗楚墓	战国中期前段	料珠	3 颗	出土时破碎。蓝、白、黄三色组成近圆形的“蜻蜓眼”形式,表面白色,近瓷质,内部为灰白色细砂粒。		湖北省文物 考古研究所 资料

表 2—3 部分楚墓出土氟昂斯制品的情况(二)

出土地点与墓葬编号	时代	名称	数量	外观与尺寸(厘米)	同出的器物	资料来源
湖北江陵望山 2 号楚墓	公元前 350 ~ 300 年,战国中期。	陶珠 陶管	3 颗 68 件	全为泥质红陶,不属于氟昂斯。但其表面装饰与氟昂斯相同,故列入。珠表面以蓝、白、红三色形成“蜻蜓眼”,直径 1 ~ 1.5 管为圆管状,表面有一层绿色釉,釉上以红、白色形成“蜻蜓眼”。	水晶珠,石管及大量的玉饰。	《江陵望山沙冢楚墓》
湖北江陵九店 294 号东周墓	战国中期晚段	琉璃珠	4 件	表面有一薄层绿色玻璃质,内部为白色的细砂粒。珠体表面有白、蓝、绿三色形成凸起的圆圈纹,为“蜻蜓眼”形式。	玻璃管,水晶珠,陶珠等。	《江陵九店东周墓》
湖北江陵秦家嘴楚墓	战国中晚期	料珠		表面有一薄层玻璃质,内部为灰色的细砂粒,珠体表面有蓝、黄色形成凸起的圆圈纹。为“蜻蜓眼”形式。珠体穿孔处还留有烧结的黄土。	出土有玉,石器。	《江陵秦家嘴楚墓发掘简报》

(3)从化学成分上看,浙川下寺楚墓中出土的氟昂斯珠,其化学成分中90%以上为二氧化硅(见表2—5)。因此,确切地说这是一种石英珠。这类石英珠在我国出现得很早,西周中期前后的墓葬发掘中已经有大量的出土(见表2—5),与下寺的石英珠完全一样。楚国曾是西周王朝的属国,楚墓中出土的石英珠应该是西周石英珠制作技术的延续。从外形来看,这种石英珠呈菱形,中部呈棱状凸起,与早期西方的氟昂斯珠不同,是我国古代人民自己生产的遗物。曾侯乙墓出土的一颗氟昂斯珠,外形与下寺石英珠相同,表面绿色,灰白胎,火候高,近于瓷化,当然应是楚地的产品。荆门罗坡岗楚墓出土料珠的化学成分,经分析含有大量的氧化铅和氧化钡(见表2—5),与我国早期玻璃,即楚国铅钡玻璃的化学成分相同,所以应是楚地的产品。

上述各个墓葬中出土的氟昂斯珠,除曾侯乙墓出土的一颗外,其他的质地都比较脆弱。它们因为内部均是烧结在一起的细砂粒,由于烧制的温度不高,出土时大都破碎。这类质地脆弱的氟昂斯珠也不可能是从远隔万里的西方运到楚地来的。

(4)考古发现的出土文物表明,西周时期的石英珠的形状有菱形、管形等,但是其表面没有任何装饰。到了公元前6世纪中叶,楚国的氟昂斯珠的外形虽然大都是菱形,中部有一圈凸起的棱,表面没有“蜻蜓眼”形式的装饰,但其表面已经出现了凸起的乳状圆点;乳状圆点的颜色与珠体表面的颜色不同,同时这些乳状圆点已经全部或部分被烧成了玻璃质,很像“蜻蜓眼”形式了,出土的料管表面也有同样的乳状圆点。此外,更令人注意的是:从战国早期后段或战国中期前段(公元前5世纪后半叶或5世纪末)开始,直到战国中晚期的楚墓中出土的氟昂斯珠中多数都有这种“蜻蜓眼”形式的装饰。

近几十年来的古代玻璃研究结果表明:很久以前,“蜻蜓眼”形式的玻璃珠已经在地中海沿岸地区和中亚地区较多地出现。

安家瑶先生指出：“镶嵌玻璃珠（‘蜻蜓眼’式玻璃珠）在世界许多地方都有发现，与中国早期镶嵌珠相似的珠子在公元前 1000 年的西亚很流行。”^①所以说这种装饰风格不是我国固有的，当然也不是楚地固有的。由此推测，楚国“蜻蜓眼”形式氟昂斯制品的出现，是受到西方文化影响的结果。

二 考古发现的楚国玻璃制品

1. 江陵楚墓与长沙楚墓出土玻璃制品的情况

目前考古发现的春秋战国时期的玻璃制品几乎都是从墓葬中发掘出来的，其中相当多的一部分是从楚墓或属于楚文化范畴的墓葬中发掘出来的。据不完全统计，仅江陵一带就有几十座楚墓中出土有玻璃品，长沙地区出土有玻璃品的楚墓数量更多。由于这一时期的楚墓常常有夯实的填土、密封的膏泥层以及厚实的棺椁等多层的保护，加上玻璃制品本身具有一定的化学稳定性，因此，尽管这些玻璃制品都比较小（如珠、管、耳珰等），性脆，也能部分或完整地保存到今天，为我们提供了十分珍贵的实物资料，对我国古代玻璃的研究有着重要的作用。表 2—4 是近些年来湖北江陵地区与湖南长沙地区楚墓中出土玻璃制品的情况。

2. 出土玻璃制品的楚墓的年代

近半个世纪以来，在湖北、湖南、河南、安徽等地发掘的楚墓已有数千座之多，据不完全统计，仅湖北省经过科学发掘的楚墓就有 3000 座以上。但是，在春秋时期的楚墓中至今尚未见到有玻璃制品出土。从目前已经发表的考古资料来看，在战国时期楚墓中出土的玻璃品，以河南淅川徐家岭楚墓、湖北随县曾侯墓

^① 安家瑶：《中国古代玻璃与日本吉野里的玻璃管饰》，见《中国考古学论丛》，415～421 页，北京，科学出版社，1993 年。

表 2—4 湖北江陵楚墓与湖南长沙楚墓出土玻璃制品的情况

出土地点及墓号	时代	名称	数量	外观	其他	资料来源
江陵马山 1 号楚墓	战国中期	琉璃管	1	圆筒状深灰色“蜻蜓眼”式	同出有玉管	《江陵马山一号楚墓》
		琉璃珠	2			
江陵马山 10、12 号楚墓	战国中期	料管	1	蓝色半透明“蜻蜓眼”式	同出有玉璧	《江汉考古》1988 年第 3 期
		料珠	1			
江陵拍马山楚墓	战国	料珠	9	珠,柱状,部分为“蜻蜓眼”		《考古》1973 年第 3 期
江陵秦家嘴楚墓	战国	料珠		部分为“蜻蜓眼”	同出有玉珠及玉管等	《江汉考古》1988 年第 2 期
		料管		部分“蜻蜓眼” 绿色、黄色	同出有玉环等物	
江陵雨台山楚墓	战国中期	料珠	共近 百件	壁为绿、黄、白、黑“蜻蜓眼” 等 珠为浅绿色等 剑饰为绿、黄、白、绿色等		《中国考古学会第二次年会论文集》
长沙近郊楚墓	战国	璧	80 多			
		珠	70 多			
		剑首	3			
		剑珕	4			
		印章	1			
长沙黑石头 5 号墓	战国末	剑首	1	“蜻蜓眼”		《考古学报》1957 年第 4 期
		料珠	2			

出土玻璃器的年代最早,均为战国早期的遗物。从品种和数量上看,楚墓中出土的玻璃制品又以战国中晚期楚墓中出土的品种和数量占大多数。也就是说,楚墓中出土玻璃制品最早的为公元前5世纪的遗物,主要的为公元前4世纪及公元前3世纪前半叶的遗物。

3. 出土玻璃制品的楚墓所在的地区

楚墓考古发掘资料表明:以湖南省长沙为中心的“南楚”^①一带楚墓中,出土的玻璃制品无论是品种还是数量在整个楚墓中都占首位,超过了以江陵为中心的楚国腹地。特别是玻璃剑饰、玻璃璧、玻璃印章等不仅在其他地区的楚墓中很少发现,在国内目前已发掘的同时期的墓葬中也难以见到。例如长沙地区楚墓中出土有玻璃璧的墓葬,大都是当时中下阶层人士的墓葬,即“平民阶层”人士的墓葬,连他们都用上了玻璃制品,表明当时长沙地区玻璃制造业已经达到一定的水平。

4. 楚墓中出土的玻璃制品的功能

楚墓中出土的玻璃制品常常是与同类型的玉石等质地的器物一起出土。此外,这些出土的玻璃制品以不透明和半透明者占绝大多数,完全透明的器物几乎没有。这说明,当时的楚国玻璃制品的功能类似于当时的玉石等质地的器物,也可以说是玉石等质地器物的代用品吧。

5. 出土玻璃制品的楚墓的规模

出土玻璃品的楚墓中不仅有大、中型墓葬,更多的是小型墓葬。江陵、长沙等地的一些小型楚墓中常有玻璃品出土。高至喜先生指出:

湖南所出的战国玻璃璧,绝大多数出现在小型的“士”和

^① 《史记·货殖列传》:“长沙,南楚”。

“平民”墓中。据对长沙等地 56 座出土玻璃璧的战国墓葬的统计,出现四鼎的墓有 6 座,二鼎的墓有 32 座,一鼎的墓有 18 座,然而在七鼎的诸侯墓和五鼎的大夫墓中,均未见玻璃璧出土。可以认为,四鼎以下的墓可能属于“士”和“平民”的,这也说明,在战国时期楚地区的湖南使用玻璃璧是相当普遍的,连平民阶层也能较多的使用它,当然不难看出当时玻璃器的生产也达到了一定的水平,产区是在本地和附近的地方。^①

6. 楚墓中出土的玻璃制品的形制

除“蜻蜓眼”式玻璃制品外,楚墓中出土的玻璃制品大都是具有楚地风格的产品,例如具有典型楚地风格的玻璃剑饰、玻璃印章、玻璃璧等。1956 年长沙左家塘 41 号楚墓中出土的一件玻璃印章,有鼻纽,印面为方形,每面宽 0.95 厘米,高仅 0.8 厘米。印面有篆体“中身”二字。此外,湖南省博物馆还收藏有“称”字战国玻璃印等。这些印章上的文字都是中文,又是用的当时的篆书,当是楚地的产品无疑。

7. 楚墓中出土玻璃制品的化学成分

古代玻璃的化学成分是研究古玻璃不可缺少的一个基本数据。不了解它们,对于古玻璃的原料组成、制造工艺及有关性质等就无法进行研究。近些年来,国内外的一些学者对我国古代玻璃的近百个样品进行过分析测定,得出了一批结果,对我国古玻璃的研究起了很好的作用。其中就包括楚墓等墓葬中出土玻璃品的有关数据。需要指出的是:楚墓中出土的玻璃品,经过分析测定的大都是湖南长沙一带出土的器物,湖北及其他地区楚墓出土的玻璃品进行分析测定的很少,这可能是因为这些地区

① 高至喜:《湖南出土战国玻璃璧和剑饰的研究》,见《中国古玻璃研究——1984 年北京国际玻璃学术讨论会论文集》,53~58 页,北京,中国建筑工业出版社,1986 年。

出土玻璃品数量较少,同时又是完整器物等原因造成的。表2—5列出了部分出土玻璃品的化学成分(部分西周墓与楚墓出土的氟昂斯制品的化学成分等也一并列入,以便对照讨论)。

(1)从表2—5中可以看出,时代为公元前6世纪中叶的河南浙川下寺楚墓出土的石英珠,其化学成分与陕西、河南两省西周墓中出土的石英珠的化学成分十分相似,表明楚人制造石英珠的技术是从周人那里学来的。令人感兴趣的是,河南洛阳西周墓和浙川下寺楚墓出土的石英珠中都含有一定量的氧化钾,而氧化镁、氧化钠、氧化钙的含量却相当少,表明钾的来源不可能是因为采用了草木灰的水溶液(或浓缩液)作粘合剂所造成的,而是因为使用了其他原料制造的粘合剂。

(2)从表2—5所列的数据可以看出,楚墓等墓葬中出土的玻璃可分为4种类型:

①二氧化硅、氧化铅、氧化钡($\text{SiO}_2 \cdot \text{PbO} \cdot \text{BaO}$)类型。如表2—5所列出的19~22号。

②二氧化硅、氧化铅、氧化钡、氧化钠($\text{SiO}_2 \cdot \text{PbO} \cdot \text{BaO} \cdot \text{Na}_2\text{O}$)类型。如表2—5所列出的14~17号。

③二氧化硅、氧化钾($\text{SiO}_2 \cdot \text{K}_2\text{O}$)类型。如表2—5所列出的18号。

④二氧化硅、氧化钠、氧化钙($\text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO}$)类型。如表2—5所列出的6号。

从化学成分上看,楚墓出土的玻璃制品,均属于硅酸盐玻璃的范畴。仅从氧化铅、氧化钡的含量来看,上述的第二种类型玻璃可以与第一种类型合并。这类玻璃又称之为铅钡玻璃,是我国古代玻璃制品中最富有特色的一种。美国康宁玻璃公司的布里尔(R·H·Brill)博士等分析了几十件我国古代的玻璃品,他们在《一批早期中国玻璃的化学分析》一文中指出:

表 2-5 西周墓葬、楚墓等墓葬中出土玻璃制品的化学成分

序号	名称	出土地点	时代	分析方法	化学成分(%)									
					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	PbO	BaO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	CuO
1	琉璃珠	陕西沔西	西周	化学分析	94	0.7	0.4			0.4	0.2	0.3	0.3	0.8
2	琉璃珠	河南洛阳	西周	化学分析	>90		0.2			0.4	0.3	3.4	1.2	1.6
3	琉璃管	河南洛阳	西周	化学分析	大量		0.33	0.23		0.35	0.15	1.30	0.64	1.20
4	琉璃珠珠芯 (白色)	河南淅川下 寺楚墓	春秋中期 偏晚	化学分析	94.11					0.18	0.06	1.19	0.44	
5	琉璃珠珠皮 (绿色)	河南淅川下 寺楚墓	春秋中期 偏晚	化学分析	>90			< 0.01		0.30	0.11	3.20	0.86	
6	“蜻蜓眼”绿玻 璃珠	河南固始侯 古堆	春秋末年	化学分析			0.65			9.42	0.39	0.52	10.94	
7	绿色料珠	湖北随县曾 侯乙墓	战国早期	化学分析 *	56.01	1.37	1.02	2.80	0.05	4.07	2.24	2.60	6.99	0.37
8	“蜻蜓眼”料珠	湖北荆门罗 坡岗	战国中期 偏早	扫描电镜 **	35.93	8.5	10.05	24.94	13.46	3.92		1.35		1.8
9	料珠眼	江陵九店 M286	战国中期 晚段	化学分析 ***	50.2	4.92	1.60		0.50	4.19	1.03		5.24	
10	料珠外壳	江陵九店 M286	战国中期 晚段	化学分析 ***	50.1	2.80	1.55		1.56	4.25	1.24		4.80	
11	料珠白砂	江陵九店 M286	战国中期 晚段	化学分析 ***	56.9	3.37	0.71	0.11	0.07	3.90	1.60		1.34	

序号	名称	出土地点	时代	分析方法	化学成分(%)										
					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	PbO	BaO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	CuO	
12	料管外壳	江陵九店 M533	战国中期 晚段	化学分析 ***	40.5	1.07	0.97		0.05	2.30	0.37		1.09		
13	料管白砂	江陵九店 M533	战国中期 晚段	化学分析 ***	45.8	4.57	1.41		0.10	2.50	0.67		2.00		
14	浅绿色谷纹璧	64长沙长下 物 M22	战国	化学分析	37.16	0.62	0.16	39.8	13.4	1.95	0.40	0.27	3.32	0.03	
15	深绿色谷纹璧	56长沙长卫 M22	战国	化学分析	38.3	1.67	0.32	41.53	10.37	2.75	0.41	0.34	3.07	0.73	
16	白色云纹璧	53衡阳铁 M3	战国	化学分析	36.57	0.64	0.15	44.71	10.1	2.1	0.21	0.1	3.72	0.02	
17	白玻璃片	长沙楚墓	战国	化学分析	39.0	0.9	0.2	28.3	大量	0.73	0.14	0.09	6.4	0.02	
18	蓝玻璃珠	长沙楚墓	战国	化学分析			1.4	0.6		0.6	0.2	15.2	0.8	0.3	
19	料璧	长沙	战国	化学分析	34.69	1.16	1.16	37.24	10.36	9.62	0.54		5.2		
					Si	Al	Fe	Pb	Ba	Ca	Mg	K	Na	Cu	
20	米黄色玻璃璧	57长沙陈军 M29	战国	光谱分析	20	3	1	10	13	1	0.5				
21	墨绿色玻璃璧	55长沙陈军 M4	战国	光谱分析	>10	1.5	0.7	>5	>5	1.5	0.3				
22	乳白色玻璃璧	湖南资兴旧 市 M5	战国	光谱分析	20	2	0.5	5	10	1	0.5				
23	浅绿色玻璃璧	湖南资兴旧 市 M4	战国	光谱分析	20	2	0.2	5	10	3	0.5				

从化学上来分析,对早期中国玻璃最感兴趣的是这些玻璃都含有很高的氧化铅和氧化钡。这些玻璃已引起一些学者的注意。^①

毫无疑问,这些玻璃是在中国制造的,因为19世纪以前在世界其他地方完全不知道这类组成。而西方含大量氧化铅的古玻璃,从没有发现这样高的氧化钡含量。^②

(3) 关于随县曾侯乙墓出土料珠的讨论。

表2—5中所列的7号为湖北随县曾侯墓出土的绿色料珠,原报告者认为,这件料珠“从化学成分上看,除 SiO_2 外就是Ca和Na为主,几乎不含Ba、Pb。阿拉伯产的料器,Ca和Na是其主要成分,中国产料器则是以Ba、Pb为主要成分。从这点可以认为它是阿拉伯产的料器”。^③这是值得商榷的。

曾侯乙墓出土的“蜻蜓眼”式的玻璃珠,最早曾对少量样品采用X-荧光分析法作过定性测定,结果表明含有大量的二氧化硅及较多的钾、钙等成分,而铅、钡的含量很少,属钾钙玻璃。^④分析结果不同的原因很可能是分析的样品不同造成的。曾侯乙墓出土的绿色料珠是我国自己生产的产品,理由有下列3点:

①曾侯乙墓出土的绿色料珠的化学成分中,氧化钠和氧化钙的含量与早期西方玻璃品的化学成分相比较要低(参看表2—6),另外它还含有2.60%的氧化钾和2.80%的氧化铅,与西方早期钠钙玻璃的化学成分差别明显。因为,西方早期的玻璃中一般

① R·H·Brill等:《一批早期中国玻璃的化学分析》,见《中国古玻璃研究——1984年北京国际玻璃学术讨论会论文集》,15~35页,北京,中国建筑工业出版社,1986年。

② 干福熹等:《我国古代玻璃的起源问题》,载《硅酸盐学报》,6卷1~2期,1978年。

③ 湖北省博物馆:《曾侯乙墓》,658页,北京,文物出版社,1989年。

④ 后德俊:《谈我国古代玻璃的几个问题》,见《中国古玻璃研究——1984年北京国际玻璃学术讨论会论文集》,60页,北京,中国建筑工业出版社,1986年。

钾的含量很少,而采用含钾的草木灰为原料制造玻璃则是中世纪的事了。而在我国的早期玻璃中,含有钾的玻璃已有出土,如表2—5中的第18号。同时在我国早期玻璃中也发现了含有钠、钙的例子,如表2—5中的第19号料璧,是我国春秋战国时期的典型器形,其化学成分中除含有较多的二氧化硅、氧化铅、氧化钡之外,氧化钠和氧化钙的含量分别为5.2%和9.62%。

②《淮南子·览冥训》中多次提到“随侯之珠”;东汉·王充《论衡·率性》篇中也有:“随侯以药作珠,精耀如真”,“道人消炼五石,作五色之玉”的记载。曾侯乙墓的墓主人是一个叫做“乙”的曾国的国君,据考证,“曾”就是“随”,曾国就是随国,因此曾侯就是随侯。出土有100多颗“蜻蜓眼”式玻璃珠的曾侯墓的墓主人曾侯乙就是一个“随侯”,与古代文献中关于“随侯之珠”、“随侯以药作珠”的记载是吻合的。

③1996年7月,在湖北省博物馆的支持下,对曾侯乙墓出土的4颗保存完好的“蜻蜓眼”式料珠作了密度测定,它们的编号是:E. C. 11. 259、E. C. 11. 179、E. C. 11. 135及E. C. 11. 207,后两颗料珠因外形相同是一起进行测量的,测量时尽量考虑到误差的存在,得出它们的密度依次为:2.2~2.4、2.1~2.24、2.2~2.3(克/立方厘米),完全都在钾玻璃的范围之内,与前面已述的X-荧光分析结果是一致的,也与湖南长沙楚墓中出土的钾玻璃相呼应。楚人在战国时期可能已经使用了硝石(钾硝石,又名火硝,主要成分之一是硝酸钾),湖南长沙马王堆汉墓出土的帛书上记载有“消石”也证明了这一点。这种钾玻璃极有可能是楚人的一种创造。

当然也不排除曾侯墓出土的100多颗玻璃珠中包括有西方传入的玻璃珠的可能,因为我们无法对每一枚出土的料珠都作一次分析。

④湖北江陵九店出土的玻璃制品也存在着类似的情况。据

《江陵九店东周墓》^①一书介绍,该墓群出土料器 253 件,除去 12 件陶珠和 23 件陶管外,还有玻璃珠 38 件(其中素面珠 23 件,花纹珠 15 件)、玻璃管 144 件(其中素面管 142 件,花纹管 2 件)、陶胎琉璃珠(表层为琉璃质,“蜻蜓眼”形式,胎为烧结的砂粒,正确的描述应是氟昂斯珠,前面已经论述过)26 件。需要指出的是:出土的玻璃珠和玻璃管都是玻璃质,其中花纹珠和花纹管均为“蜻蜓眼”形式,因为是完整器,没有进行化学分析。原来认为它们之中可能有西方输入的产品,如编号为 703:1 的玻璃花纹管(时代为战国晚期早段),深蓝色,椭圆形体,管上饰 9 个高凸的“蜻蜓眼”,眼上有白、蓝相间的圆圈纹 5 圈,旁边又衬托 9 个单圈小“蜻蜓眼”,造型华丽、典雅,在楚墓出土的玻璃器中这种形制的器物十分少见,曾被怀疑是西方输入的产品。不久前,笔者对其密度进行了测量,结果发现它属于铅钡玻璃,密度约为 3.76 克/立方厘米。

另外,九店楚墓出土的 M410:19 号彩色玻璃珠,“蜻蜓眼”形式,其密度约为 3.51 克/立方厘米。史美光先生等测量过一批中国自己生产的战国时期、汉代及唐宋时期的铅钡玻璃制品的密度,都在 3.25 克/立方厘米以上,有的高达 5.3 克/立方厘米。所以江陵九店出土的这两件铅钡玻璃制品,应属于楚人自己制造的产品。

江陵九店东周墓,大部分都是小型墓葬,墓主人地位不高。如出土有 1 颗玻璃珠、2 颗玻璃管的第 703 号墓就是一座小型墓,墓口长 302 厘米、宽 175 ~ 194 厘米;墓底长 296 厘米、宽 144 ~ 158 厘米。墓中出土 11 件器物,除玻璃珠、管外,还有铜带钩 1 件、铜环 1 件、陶器 6 件。这类地位较低下的人们在当时连铜礼器陪葬都做不到,又如何用得起从西方输入的珍贵玻璃器

^① 湖北省文物考古研究所:《江陵九店东周墓》,科学出版社,1995 年。

来陪葬呢？由此可以认为，该墓群出土的大部分玻璃器都应该
是我国自己的产品。

三 问题的提出

1. 河南省固始县侯古堆一号墓出土的料珠

(1) 从化学成分看该料珠应是西方的产品

表2—5中第6号玻璃品，即河南省固始县侯古堆夫差夫人墓中出土的“蜻蜓眼”式玻璃珠，是属于二氧化硅、氧化钠、氧化钙($\text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO}$)类型的玻璃，无论是外形还是化学成分都与西方古代玻璃珠基本相同，应为西方输入的产品。表2—6为公元前1350年古埃及深青色(不透明)玻璃的化学成分。^①

表2—6 公元前1350年古埃及深青色(不透明)
玻璃的化学成分(%)

SiO_2	MnO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	CuO	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$
61.70	0.47	10.05	5.14	1.58	17.63	0.32	3.20

可以看出，西方古代玻璃品的特点之一是化学成分中氧化钠、氧化钙的含量高，所以称之为钠钙玻璃。夫差夫人墓中出土的“蜻蜓眼”式玻璃珠中氧化钠的含量达10.94%、氧化钙的含量达9.42%，不含铅和钡，钾的含量也很少，与楚墓及受楚文化影响的墓葬中出土的我国自己生产的玻璃品的化学成分完全不同，应是西方输入的产品。

(2) 该料珠原是楚人的财产

1978年，考古工作者在河南省固始县侯古堆发掘出一座春秋末年的墓葬，编号为侯古堆一号墓。该墓是一座较大型的墓

① 干福熹等：《我国古代玻璃的起源问题》，载《硅酸盐学报》，第6卷1—2期，1978年。

葬,除出土了大批文物之外,还发现了有17个人为墓主人殉葬的现象,足以说明该墓主人的高贵身份。据对该墓出土的墓主人的骨骼以及出土文物上的有关铭文的考证,该墓为春秋末年宋国国君宋景公的妹妹、当时吴国的太子夫差(即后来成为吴国国君的吴王夫差)的妻子之墓。据《史记·吴太伯世家》记载:吴国阖闾“十一年(公元前504年),吴王使太子夫差伐楚,取番。楚恐而去郢徙都。”这说明在春秋末年吴国的太子夫差曾统兵攻打楚国,并攻占了楚国的番地。今天的河南省固始县正是春秋时期番国(番国在春秋中期之前已为楚所灭)的所在地,番国故城遗址至今犹存。番是楚庄王(前613~前591年在位)时楚国的令尹孙叔敖的封地,是楚国的重镇之一。公元前506年,伍子胥率领吴军一举攻占了楚国的都城——郢,迫使楚昭王出奔。公元前505年,楚军在秦军的帮助下才击退吴军,恢复郢都。所以,公元前504年吴军攻占番地之后,楚国十分恐慌,立即准备迁都,所谓“去郢徙都”是也。夫差的妻子随夫出征,当吴军占领番地之后她突然暴病夭折。可能是由于当时正处在战争时期,局势动荡,只好将她就地予以厚葬。以17人殉葬就是证明。该墓的内棺中出土有几颗“蜻蜓眼”式的玻璃珠,据检测,其化学组成为钠钙玻璃。

这些传入的西方玻璃珠在当时是十分珍贵的,所以被夫差作为随葬品为其妻陪葬。对于它们的来历有两种推测,一种推测是,这几颗料珠是从西方通过辗转的历程传到吴地,原是夫差妻子的财物,她死后也随之带入墓中;另一种推测是,这几颗料珠是吴军占领番地时从楚人手中刚刚夺来的战利品,因为是一种珍贵的装饰品,所以成了占领军主帅夫人的财物。从考古发掘的有关资料来看,春秋时期的吴、越墓中至今也未出土过玻璃

品(越王勾践剑与吴王夫差剑上的玻璃应为战国时期的人们所为)^①,所以该料珠原应是楚人的财产。

2. “蜻蜓眼”式玻璃制品是目前所见中外文化之间交流的最早实物

(1)目前考古发现的中国早期玻璃制品中,固始侯古堆一号墓出土的“蜻蜓眼”式玻璃珠是唯一可以认定为西方的产品,学术界的看法也比较一致。该墓的年代十分精确,为公元前504年,即公元前6世纪末,属春秋晚期。更为重要的是,这是目前在我国考古发现的最早的“蜻蜓眼”式玻璃制品。(《罍墓——战国中山国国王之墓》一书附录三中称,在安徽省亳县的考古发掘中也发现了春秋晚期的“蜻蜓眼”式料珠,化学成分是铅钡玻璃。^②然而,据安徽省文物考古研究所研究员杨德标先生转告,经对出土该料珠的安徽省亳县柴家沟16号墓中有关器物重新审定后确认,该墓的年代为战国中期或稍后,该墓原来定的年代太早了。)

(2)正如安家瑶先生所指出的那样:

镶嵌玻璃珠(“蜻蜓眼”式玻璃珠)在世界许多地方都有发现,与中国早期镶嵌珠相似的珠子在公元前1000年的西亚很流行。^③

几千座楚墓的发掘资料表明,“蜻蜓眼”形式的装饰图案,除在春秋战国时期的玻璃或氟昂斯制品上出现之外,在其他的出土文物上几乎从未见到过。同时,作为楚地制造的玻璃或氟昂斯制品上出现“蜻蜓眼”装饰的时间是从战国时期开始的,也就

① 后德俊:《楚国的矿冶、髹漆和玻璃制造》,武汉,湖北教育出版社,1995年,294页。

② 河北省文物研究所:《罍墓——战国中山国国王之墓》,北京,文物出版社,1995年。

③ 安家瑶:《中国古代玻璃与日本吉野里的玻璃管饰》,见《中国考古学论丛》,415~421页,北京,科学出版社,1993年。

是说出现在公元前5世纪前半段。所以说这种装饰风格不是我国固有的,也不是楚地固有的。

以上两点表明:至少在公元前5世纪末之前,西方的玻璃制品已经传入到楚地,并为楚地人民所接受和喜爱;由于传入品的稀少,楚地人民利用自己原有的技术与本地的资源仿制出了大量的“蜻蜓眼”式的玻璃制品或氟昂斯制品。楚墓中出土的玻璃制品和氟昂斯制品充分地证明了这一点。

这样,问题就出来了。因为我们知道,通过西域的北方“丝绸之路”早已闻名于世,它在中外文化交流史上占有十分重要的地位。一般认为,北方“丝绸之路”的开通是在西汉武帝时期张骞通西域之时,已是公元前2世纪中叶前后的事了,这都是人们熟悉的。然而,楚墓及相关墓葬中出土的玻璃制品与氟昂斯制品表明,至迟在公元前6世纪末,即早于张骞通西域前300多年,西方的“蜻蜓眼”式玻璃制品就已经传到了楚地。那么,西方的玻璃制品是通过什么路线传到楚地来的?有哪些线索可寻呢?

四 “玻璃之路”——楚文化与域外文化之间交流的有关线索

楚国,是中国历史上春秋战国时期的一个比较大的诸侯国,楚国强盛时的疆土相当广大,几乎包括了我国现今版图的整个南半部。

“蜻蜓眼”式玻璃珠的出土表明,西方的希腊及中亚等地区与东方的楚国之间早在公元前6世纪后叶就已经有了来往。请看如下的有关资料:

1. 从时间上看

据《不列颠百科全书》(The Encyclopaedia Britannica)有关古代玻璃一节的介绍,一些研究结果表明,早期的玻璃制品比较少,从公元前6世纪开始,玻璃制品开始显示出成倍的增长,特

别是在希腊人居住的爱琴岛、希腊本土、意大利和西西里。只有成倍增长的玻璃制品才有可能较多地向外输出,也才有可能部分地传入楚地。西方玻璃制品成倍增长的时间——公元前6世纪,考古发现中国最早出现西方“蜻蜓眼”式玻璃珠的时间——公元前6世纪末,考古发现楚地制造的“蜻蜓眼”式玻璃珠或氟昂斯珠的时间——最早的为公元前5世纪前半叶,公元前4世纪至公元前3世纪前半叶时楚地的玻璃制造业已较为发达。上述几点,在时间上不仅是连续的而且也是前后吻合的。

2. 从地域上看

楚国是春秋战国时期的大国,其影响早已到达岭南地区,考古发现与文献记载中多有这方面的资料。考古资料和有关文献记载表明,西方的玻璃制品是通过岭南、云南等地传到楚地的,而楚墓中出土玻璃制品最多的地区是位于“南楚”的长沙一带,在数量上和品种上都超过了郢都(当时楚国的都城)所在地的湖北江陵地区,当然更是其他地区无法比拟的。这表明在公元前4世纪至前3世纪,长沙地区的玻璃制造业是比较发达的,就全国范围来说也是当时最为发达的。因此,从地域上来看,它与西方玻璃制品传入我国的路线是相当吻合的。

3. 考古发现的实物

(1)据《广东肇庆市北岭松山古墓发掘简报》一文介绍,这是一座战国时期的墓葬,出土文物中有“蜻蜓眼”式的玻璃珠和楚式风格的青铜剑,其中一把“插心剑”(即复合剑)长71厘米^①。

另外,广东始兴县一座春秋墓中也出土了楚式风格的青铜剑。所以黄展岳先生在《两广先秦文化》一文中指出:“冶金史学家曾对广东出土的38件东周青铜器(春秋一件,余战国)进行科学考察,认为先秦青铜冶铸业是直接中原地区,特别是在楚文

^① 广东省博物馆等:《广东肇庆市北岭松山古墓发掘简报》,载《文物》,1974年第11期。

化的影响下建立起来的。”^①

带有西方风格的“蜻蜓眼”式的玻璃珠与楚文化风格的青铜剑同时在广东肇庆战国墓中发现,证实了当时楚文化已经与传到该地的西方文化有了接触,从而也说明楚文化与西方文化的交流已在间接地、辗转式的进行之中。

(2)杰里米·戴维森在《越南近年来的考古活动》一文中曾经指出:

1975年,在潘切(越南的一个地区)北部12公里的一处好像有一瓮棺葬墓地的白沙采掘场进行过多次抢救性发掘。……没有发现铁器,只发现一件青铜手镯的残片,却发现了几个装有大量彩色小串珠的陶罐,这些小串珠与隆庆出土串珠相像。……这个遗址的年代可能比沙萤(约公元前350年)和隆庆等遗址要早一些。^②

《越南古代史》一书也提到:在东山文化时期的遗址中曾出土过彩色的玻璃珠、淡青色的玻璃耳坠等物,为公元前4世纪前后的遗物。^③

(3)《马来亚史》一书指出:

马来同印度的接触,远在公元前几个世纪……霹雳沿海的瓜拉塞林辛,在那里(印度商人)用烧珠和符录交换金、锡、象牙。……在东爪哇的一个公元前3世纪的多尔门(石室)中,曾经有公元前6世纪时的希腊蓝色白眼烧珠出土……而希腊

① 黄展岳:《两广先秦文化》,载《文物与考古论集》,北京,文物出版社,1986年,173页。

② 杰里米·戴维森:《越南近年来的考古活动》注②,见《考古学参考资料》,第2辑,98页,北京,文物出版社,1979年。

③ 越南·陶维英:《越南古代史》,下册,刘统文等译,北京,商务印书馆,1976年,318页。

烧珠则在中国古代早已仿制。^①

(4) 谭·夏里臣在《1964 年在马来西亚最近考古发现》一文中介绍:

近年来在马来西亚各地发现了大量的琉璃珠(玻璃珠),绝大部分是中东产品,也有一些是来自中国,时代从公元(纪年初期)开始或更早一些。^②

可见,当时的希腊等地出产的玻璃制品(烧珠)也可以通过马来半岛再运到中国来。

(5) 20 世纪 30 年代在阿富汗出土过公元前三四世纪的丝织品。因为当时北方战乱,丝绸之路未开,这些东西可能是由“南方丝绸之路”传过去的。^③

(6) 据《云南省楚雄县万家坝古墓群发掘简报》一文介绍,该墓群的时代从春秋中晚期到战国前期,其中出土 4 颗玻璃珠的第 49 号墓是战国前期的墓葬。^④ 云南江川李家山第 22 号墓是一座春秋末至战国初的墓葬,出土有浅绿色六棱形玻璃珠。^⑤

(7) 在印度,考古发现的古代西方玻璃制品也不少。例如在贝格拉姆出土的彩色玻璃杯,高约 14.5 厘米,上面用蓝、黄、棕、黑等色描绘着人物等图案。这件玻璃杯的透明度较好,是公元

① 英·理查德·温斯泰德:《马来亚史》,姚梓良译,北京,商务印书馆,1974 年,32~35 页。

② 谭·夏里臣:《1964 年在马来西亚最近考古发现》,载《皇家亚洲学会·马来西亚分会会报》,28 卷 1 部,1965 年。

③ 高大伦:《关于“南方丝绸之路”的几点思考》,载《中国史研究》,1995 年第 2 期。

④ 云南省博物馆:《云南省楚雄县万家坝古墓群发掘简报》,载《文物》,1978 年第 10 期。

⑤ 云南省博物馆:《云南省江川县李家山古墓群发掘报告》,载《考古学报》,1975 年第 2 期。

前4世纪的遗物。

4. 有关文献的记载

(1)《史记·西南夷列传》记载:

始楚威王时,使将军庄蹻将兵循江上,略巴、黔中以西。庄蹻者,故楚庄王苗裔也。蹻至滇池,方三百里,旁平地,肥饶数千里,以兵威定属楚。

“庄蹻入滇”表明当时的楚地(现今的湖北江陵、湖南长沙)与滇地(现今的云南昆明)之间早已有了交通路线的存在。

(2)关于楚文化与古印度文明之间相互交流的情况,《史记·大宛列传》中的两条记载,为此提供了一些线索。

(1)骞曰:“臣在大夏时,见邛竹杖、蜀布。问曰:安得此?大夏国人曰:吾贾人往市之身毒。身毒在大夏东南可数千里。”

这里所说的“蜀布”应该是指“苧布”,即是采用苧麻为原料纺织而成的,“苧布”质轻拉力好,吸湿和散热比其他纤维都好,洁白轻爽,清凉离汗,特别适于夏天穿用,所以身毒(即印度)的人民十分喜爱。春秋战国时期楚国的麻纺水平较高,长沙楚墓中曾经出土每平方厘米经纬线为28根×24根的苧麻布,而在同一时期的其他墓葬中这类高质量的苧麻布很少发现。因此,在张骞通西域之前传到古代印度的“蜀布”很可能是从楚地输出的。

(2)昆明之属无君长,善寇盗,辄杀略汉使,终莫得通。然闻其西可千余里有乘象国,名曰滇越,而蜀贾奸出物者或至焉。

汶江先生在《滇越考》一文中指出,“滇越”就是今东印度的阿萨姆。^①

笔者认为“滇越”可能是指早些时候居住在滇池(今云南一带)的越人,后来又南迁了。联系到春秋战国时期居住在长江流域一带的部族(包括越人在内)在楚国势力的压迫下南迁的史实及公元前4世纪楚将庄蹻入滇的记载,可以认为在春秋战国时期楚文化已与古代印度文明有过接触。这种接触是通过各部族的人民之间辗转进行的,而不是一条直接的通道;是一种民间的往来,而不是官方开拓的;是穿越自然界艰险地带的边缘和罅隙,缓慢地、点滴地进行的。

(3)刘玉堂等指出:

“在古代楚国与南亚之间,存在着一条通道,这条通道的东端是长沙,西端是印度,而其中点则是昆明。”“昆明是上古中西文化交流的驿站。公元前320年~前315年之间,古印度商那闍的《政论》一书中,说到当时印度已有从‘支那’贩运过去的‘成捆的丝’。”“早在本世纪40年代,印度的觉月教授就指出,中国的楚文化与印度东部和南部的文化或许曾相互交通,而这两种文化交通的枢纽,正是昆明。”^②

(4)《中西交通史料汇编》一书指出,希腊国王亚历山大公元前334年~前324年侵入西亚、伊朗和印度等地,腓尼基海员曾充当亚历山大军队的水手,腓尼基商人也跟随其军队进入亚洲内地。腓尼基商人经营的商品有杉木、橄榄油、紫色染料、织物和玻璃制品,同时还把中国的丝绸、印度的宝石、香料以及西

^① 汶江:《滇越考》,见朱东润等编:《中华文史论丛》,1980年第2辑,上海古籍出版社。

^② 刘玉堂等:《楚国历史文化与南方都市(续篇)》,载《武汉大学学报·哲学社会科学版》,1994年第6期。

亚的珍珠转卖给希腊、罗马。^①

(5)杰里米·戴维森在《越南近年来的考古活动》一文中介绍:在东山时期(约公元前500年或稍后),“文郎文化在东南亚和太平洋地区的传播……与战国艺术初次接触,开始同印度和西亚地区进行交流,出现铁器和漆器”。^②

我们知道,漆器和铁器是楚国大批制造的产品,具有很高的水平,与越南东山文化开始接触的战国艺术应该是楚国的文化艺术,越南东山文化时期出现的漆器和铁器应该是楚国的产品或是受楚文化影响的产品。由此可见,在公元前500年前后(相当于我国历史上春秋晚期至战国早期),越南等东南亚一带地区既与战国时期的楚文化有过接触,也同印度及西亚地区进行交流。当然,这一地区也就成了楚文化与西方文化相接触的地区之一。

(6)《世界风物志(4)·印度与南亚诸国》一书指出:

“印度南部的注鞞王国(Chola)拥有一支活跃的商船队,大规模地输出棉布,……他们溯恒河而上,将这些物品运到北方。东方则由马来半岛转运到中国,而西北方面,则由沿海贸易船舶运到波斯湾,……运到波斯或希腊。”“公元前5世纪,印度的各种绢制品都是由中国输入的。”^③

(7)《世界文明史·希腊的黄金时代》一书指出:

希腊科斯岛的妇女于公元前4世纪末叶,学会了剥茧抽丝

① 张里良编:《中西交通史料汇编》,北京,中华书局,1977年。

② 杰里米·戴维森:《越南近年来的考古活动》,见《考古学参考资料》,第2辑,87页,北京,文物出版社,1979年。

③ 《世界风物志》联合编辑小组:《世界风物志(4)·印度与南亚诸国》,台湾地球出版社,1978年,113页。

及织成丝绸的艺术。^①

(8) 沈福伟先生在《中西文化交流史》一书中指出:

丝路西端的希腊,由于在雕刻和陶器彩绘人像中发现所穿衣服细薄透明,因而有人推测在公元前5世纪中国丝绸已经成为希腊上层人物喜爱的服装。这些雕像有巴特侬神庙的“命运女神”(前438~前431年),埃里契西翁的加里亚狄像等公元前5世纪雕刻家的杰作,他们都身穿透明的长袍,衣褶雅丽,质地柔软,都系丝织衣料。^②

综合上述考古发现的实物和有关的文献记载,并联系前面所述的楚地出土玻璃制品与氟昂斯制品的情况,可以看到:西方玻璃制品首先是通过商业贸易及文化交流传到印度等南亚地区,再通过民间往来辗转地经过云南等地区传到楚地;或是西方的玻璃品首先传到印度等地,然后通过海上贸易,经过东南亚一些地区,如马来半岛、越南等地,传到两广等地区,进而传到楚地。

至此,我们通过楚墓及有关墓葬发掘出土“蜻蜓眼”式玻璃制品及氟昂斯制品的研究,不仅找到了公元前6世纪末西方“蜻蜓眼”式玻璃珠传入楚地的实例,而且也看出这种“蜻蜓眼”形式对楚国玻璃制品及氟昂斯制品的影响,从而证实至迟在公元前6世纪晚期,中外文化之间的交流就已经存在了。同时,根据考古发现的实物及有关文献资料也证明了在公元前6~前3世纪(约为中国历史上的春秋中期前后~战国晚期)期间,由于楚文化的传播与影响,通过印度等南亚和东南亚地区,楚文化已经与西方

① 台湾幼狮翻译中心编译:《世界文明史·希腊的黄金时代》,1977年,38页。

② 沈福伟:《中西文化交流史》,上海人民出版社,1985年,22页。

文化有了一些交流,尽管这是一种间接地、辗转式的交流,然而它却是客观存在的。

第四节 吴越文化中的科学技术

一 铜矿采冶中的科学技术

1988年至1989年间发掘的江西瑞昌铜岭古铜矿,是一处始采于商代中期,发展于西周,盛采于春秋,延及至战国,前后连续开采达千年的古代铜矿采冶遗址。在这长达千余年的历史过程中,其前半段,即从商代中期到春秋早期,瑞昌古铜矿的主人是谁呢?彭适凡先生等在《关于瑞昌商周铜矿遗存与古扬越人》一文中指出:《史记·楚世家》记载:周夷王时,楚君熊渠“甚得江汉间民和,乃兴兵伐庸、扬越,至于鄂”。“西周文献中开始出现的扬越,虽指一定地域即江汉地区的扬越族人,但当时扬越的地望不仅包括江汉地区,而且还分布在鄂东南以及湖南与江西的大片地区,其东界大体以鄱阳湖为界,鄱阳湖以西的赣北、赣西北及赣江两岸都是扬越人的分布范围。”所以“铜岭遗址的主人似也应以扬越为是”,因为“及至楚成王恽(前671~前626年)‘初即位,布德施惠,结旧好于诸侯。使人献天子,天子赐胙,曰:‘镇尔南方夷越之乱,无侵中国。’于是楚地千里。’”(《史记·楚世家》)“这里所称‘夷越’,即扬越,是处于楚国正南方的扬越。……大概楚国这次对南方扬越的征服,战果显著,从‘楚地千里’看,当已越过大江进入洞庭湖以南的湖南北部地区,东面已抵及鄂东南乃至赣北地区。”^①扬越人是古代“百越”中的一支,所以说瑞昌铜岭古铜矿所反映出来的早期科学技术成就应该属于古越人。

① 彭适凡等:《关于瑞昌商周铜矿遗存与古扬越人》,载《江西文物》,1990年第3期。

1. 从露采到坑采的采矿技术的进步

在铜岭古铜矿遗址中发掘出的编号为 J11 的井口,正位于一处长 760 厘米、宽 140 厘米、残深 52~56 厘米的槽坑底端。此槽坑为半地穴式,两侧采用木桩挡土,木桩直径 6~12 厘米不等,桩下端为锥状,打入地下 16~24 厘米。槽坑内土质为红褐色铁质粘土,夹有小颗粒孔雀石。^① 此槽坑可视为地下井巷的雏形。而编号为 J11 的竖井井口正位于此槽坑的底端,这一考古发现,将古代铜矿开采技术的发展历程——由露采向坑采的进步完整地表现了出来。

编号为 J11 的竖井井底出土了一件完整的陶甬和一件方唇鬲口片,这两件陶器都是比较典型的商代器物,所以说至迟在商代中期前后,扬越人开采铜矿的方法已经从露采发展到了坑采。

2. 重力选矿设备的应用

在铜岭古矿冶遗址中发现有选矿遗迹,据《江西瑞昌铜岭商周矿冶遗址第一期发掘简报》介绍:

选矿遗迹有木溜槽和尾砂池。这套选矿设施位于 T5 内,木槽用大圆木剝成横断面呈弧形的槽面。槽长 3.43 米,净宽 34~42 厘米。槽上段有挡板,板宽 10 厘米、厚 2 厘米,与槽东壁相嵌、西壁榫卯相接。槽尾也有一可活动的挡板,呈弧形与槽底吻合。挡板宽 42 厘米、厚 1.5 厘米,与槽西壁卯眼呈榫卯结合,并与槽东壁呈斜面吻合。尾砂池紧靠木溜槽,池底与槽尾呈台阶状相接。台面分别由宽 10~14 厘米木板铺垫。……池内淤积土主要为红褐色铁质粘土,土质细腻。溜槽东、西两侧为挡木板和挡土立柱。在其木溜槽的东侧出有三只双耳竹

^① 江西省文物考古研究所铜岭遗址发掘队:《江西瑞昌铜岭商周矿冶遗址第一期发掘简报》,载《江西文物》,1990 年第 3 期。

筐,筐内盛有红褐色铁质粘土,夹有孔雀石粒。另还见有矿工穿的草鞋和使用的方格纹平底陶罐(图2—3:选矿、尾砂池示意图)^①。

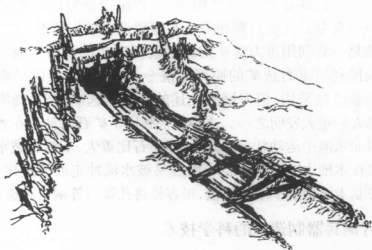


图2—3 选矿、尾砂池示意图

周卫健先生等在《瑞昌铜岭古矿冶遗址的断代及其科学价值》一文中指出:

疑属西周时期的选矿木溜槽,也是一个重要发现。它的结构先进,且是我国已知同类遗物中最早的。溜槽用大圆木制成,长达3.43米,断面成弧状,槽上段及尾端各设一活动挡板。槽尾与尾砂池相接。它是利用矿粒在斜向水流中运动状态的差异予以选分。挡板用来控制选矿过程,既简便又及时可靠。^②

① 江西省文物考古研究所铜岭遗址发掘队:《江西瑞昌铜岭商周矿冶遗址第一期发掘简报》,载《江西文物》,1990年第3期。

② 周卫健等:《瑞昌铜岭古矿冶遗址的断代及其科学价值》,载《江西文物》,1990年第3期。

木溜槽、挡板、尾砂池、盛放有矿石的双耳竹筐，它们组成了一整套西周时期的选矿设备。试看，尾砂池底积的红褐色铁质粘土，土质细腻，它们正是选矿时选下来的尾砂，与双耳竹筐中盛放的红褐色铁质粘土完全相同，而竹筐中盛放的红褐色铁质粘土中所夹杂的孔雀石颗粒等正是需要选出的铜矿石。

这是一套利用重力选矿的原理进行选矿的设备。我国古代劳动人民利用重力选矿的原理淘洗金属，可能在商代早期或更早之前就已经采用，但发展到上述的一整套选矿设备，确实是古代扬越人的重大发明之一。这种设备利用了矿石与粘土在木溜槽内的斜向水流中运动状态的差异，即矿石比重大，不容易被水流冲走而留在木槽内；粘土比重小，则容易被水流冲走而流进尾砂池。通过控制木溜槽上下端的挡板，很容易将孔雀石等铜矿石选出来。

二 青铜兵器制造中的科学技术

春秋时期，吴越地区的青铜制造技术在当时的各诸侯国中是相当先进的，特别是青铜兵器制造技术，连楚王都要派人携重金请吴越名师铸剑，著名的青铜剑干将、莫邪在我国是家喻户晓。解放以来在湖北等地出土的越王剑、吴王剑、吴王矛等实物也都证明了这一点。从这些出土的实物中，可以看出当时吴越地区青铜兵器制造中的科学技术。

（一）复合金属技术。我国先秦时期，人们认识的金属种类只有金、银、铜、铁、锡、铅等几种，人们可以利用的金属种类是较少的；而且铁的使用时间还不长，是当时的人们开始使用的一种新的金属。就是在这种情况下，吴越地区却出现了使用铁和铜制造出来的复合金属产品，如江苏镇江地区出土的铁内茎铜剑、铁甬内芯铜钺等。铁的强度比铜高，在剑的内茎与钺的内芯使用铁，从而加强了剑茎与钺甬的强度，较大地提高了产品的使用性能。除了这种铜、铁复合的器物外，还有一种复合剑是利用

合金成分不同的青铜合金制成的,这在上一节中已经论述了。这种复合金属的思想应该是吴越地区的古代劳动人民的创造,直到今天仍然有着十分重要的现实意义。

(二)剑首的同心圆制造技术。在江苏六合程桥出土的一件青铜剑,其剑首的直径只有4.06厘米,却分布有四个同心圆,同心圆之间的距离只有0.03、0.1厘米或更短,同心圆凸起呈环状,高约0.02至0.15厘米、厚0.03至0.08厘米,又薄又整。在湖北江陵出土的越王勾践剑剑首上,在直径为4.3厘米的圆面内一共布有同心圆11圈。

3. 青铜兵器表面的装饰技术

1966年在湖北江陵望山一号楚墓中出土了越王勾践剑和同墓出土的另一件青铜剑,1983年在湖北江陵马山五号楚墓中出土了吴王夫差矛等,在这些出土的吴越兵器的表面都有黑色的菱形花纹。关于这些黑色花纹是如何形成的、其制作工艺是什么,考古工作者与科学工作者进行过多年的研究。结果表明,这些剑和矛与一般出土的同时期青铜兵器在化学成分、金属配比、金相结构等方面都没有什么大的差别;只是其黑色花纹部位的锡与硫的含量都比较高。对于黑色花纹处含硫较高的原因,本书的作者早在1980年《越王勾践剑不锈之谜》^①一文中指出,这是地下环境影响的结果,一些文章中将此说得很神秘是不妥的。对于剑身上的黑色花纹处锡含量较高的原因,在学术界曾长期迷惑不解,也有许多不同的看法,有的研究者也将此说得很神秘。事实上,从20世纪90年代开始,湖北省鄂州市博物馆青铜镜研究所开展了这种花纹剑的复制研究,数年内就基本上获得成功。他们的大致做法是:在剑模上做出花纹,制范浇铸后在所铸出的剑身上就存在有花纹的痕迹,再通过涂锡等工艺处理,即

① 后德俊:《越王勾践剑不锈之谜》,载《江汉考古》,1980年第1期。

可制造出剑身带有亮白色花纹的青铜剑。

三 印文硬陶与原始青瓷

1. 印纹硬陶

在古代,地处我国东南部广大地区的居民,创造并大量使用一种表面上拍有各种纹饰的陶器,它就是我国现代考古学上所称的印文陶。由于这种陶器在我国东南部广大地区相继大量出土,考古学界都把它作为代表江南地区一种独特的新石器时代的文化,称之为“几何印纹陶文化”或“以几何印纹陶为代表的文化”,以区别于长江以北地区的原始文化。江南地区的印纹陶产生于新石器时代晚期,兴盛于相当中原的商周时期,衰退于战国至秦汉。印纹陶是古代“百越”人的创造。

在印纹陶中有两类器物是特别引人注目的,它们就是印纹硬陶和原始青瓷。因为这涉及到我国古代瓷器的起源问题,所以特别受到学术界的重视。李辉炳先生指出:

随着时代的推移,印纹陶逐渐为印纹硬陶所代替,印纹硬陶也逐渐为原始青瓷所代替。因此,江南地区陶瓷器的发展序列,大体上是印纹陶—印纹硬陶—原始青瓷—青瓷这样几个大的发展阶段。^①

印纹硬陶是印纹陶的一种,其特别之处在于其“硬”,也就是它的胎质与一般的陶器相比较要硬得多。当然,软和硬也是相对的。胎硬,说明烧制的火候高;烧制的火候高,说明制作陶胎所用的原料与一般陶器有差别。

^① 李辉炳:《印纹陶与印纹硬陶》,见文物编辑委员会编:《文物集刊·3》,文物出版社,1981年,89页。

我们知道,陶器是采用粘土为原料制成的。现代研究表明,粘土的种类是多种多样的,仅仅从粘土的耐火程度而言,大致可分为:耐火粘土、难熔粘土、易熔粘土三大类。考古学上所说的一般陶器,不论其色泽(红、黑、灰)、掺和料(夹炭、夹砂)和纹饰(刻画、拍印或堆纹)的异同如何,其陶胎所用的原料均为分布极广的易熔粘土。易熔粘土,耐火度低于 1350°C ,含有大量的杂质,也就是今天制造普通砖瓦的主要原料。采用易熔粘土制作的陶器,其烧成温度一般都在 1000°C 以下,如果将烧制温度提高到 1100°C 以上,陶胎就会被烧变形,甚至被烧熔了。朱江先生在《江南地区印纹硬陶质态问题》一文中指出:

按今日制造砖瓦所使用的粘土来测试化学成分,当温度升到:

(1) 120°C 时,坯体机械水全部排出;

(2) 600°C 时,坯体化合水排出,有机杂质和可燃物开始燃烧,产品具有暗红色;

(3) 800°C 时,碳酸钙和碳酸镁分解出二氧化碳、二硫化铁,氧化成三氧化二铁,放出二氧化硫,产品具有多孔性;

(4) $950\sim 1050^{\circ}\text{C}$ 时,坯体氧化金属——铝、钙、镁、铁、钾、钠等与硅化合生成液态,某些颗粒被少量液体粘接,产品发生收缩,气孔率减小,达到最终烧结机械强度,产品具有淡橘红色到淡黄色之间的色调;

(5) 1050°C 时,坯体处于临界温度;再升温到:

(6) 1100°C 时,坯胎变形;

(7) 1150°C 时,坯体熔解。

粘土的烧结温度与耐火度之间的这一段温度,是粘土的烧结范围。^①

① 朱江:《江南地区印纹硬陶质态问题》,见文物编辑委员会编:《文物集刊·3》,文物出版社,1981年,93~97页。

但是,不同粘土的烧结范围是不同的,超过了烧结范围的温度,陶器就容易发生过烧、变形甚至烧熔的现象出现。

印纹硬陶的陶胎不是采用易熔粘土制成的,而是采用难熔粘土或耐火粘土制成的。原料的不同,使得烧制的温度也不同,印纹硬陶的烧成温度已经达到 1100°C 。烧制温度高,陶胎已经烧结或接近于烧结,所以硬度高;其吸水性也明显地较弱,比一般陶器要小。

曹柯平先生在《有关硬陶器的研究》一文中指出:

陶器的烧成温度可达 $950^{\circ}\text{C} \sim 980^{\circ}\text{C}$,陶窑一般能经受 1050°C 。在没有护窑墙的情况下,达到这一温度时窑壁常有开裂的情况出现。如果达到这一温度的时间过长,还会有塌窑的危险。即使有护窑墙,如温度在 1100°C 的时间稍长一些,也要塌顶。……即使当时人们选择的坯料可以烧到更高的烧成温度,但也由于陶窑所能经受的温度限制,不能把陶器的烧成温度提得更高。^①

这就是说,印纹硬陶不是在一般的陶窑内烧制的,而是在得以改进后的可以达到更高烧成温度的陶窑内烧制的。仅从这一点来看,印纹硬陶是印纹陶发展的高级阶段。

曹先生还指出:

我们曾观察到:中原商、周文化对南方地区的影响,在考古学上往往有三种表现形式。一种表现为中原文化的直接影响。……另一种表现为中原文化与地方文化相互融合和改造。……第三种则表现为中原文化被拒绝接受。……某些中

① 曹柯平:《有关硬陶器的研究》,载《江西文物》,1991年第2期。

原文化因素之所以被排斥的原因可能是：南方地区有另一套或几套具有中原那些器物相似功能的用器，而硬陶器似乎正是中原那套的替代物。^①

考古资料表明：硬陶器大致出现于新石器时代的晚期；在商周阶段的遗址中，硬陶的比例逐渐递增。以江西省为例，江西省商周时期遗址中出土的印纹硬陶，在商代遗址中约占出土陶器总数的30%，发展到西周、春秋时期则占80%以上。^②

印纹硬陶在我国东南部长江以南广大地区，也就是商周时期的吴越之地出现与不断发展，与当地的自然资源也有一定的关系，因为在这一地区盛产耐火粘土、难熔粘土，也就是制造硬陶和瓷器的原料，例如著名的江西景德镇附近的高岭土、安徽祁门瓷土等。

印纹硬陶仍属于陶器，它与一般的陶器在本质上并没有根本的区别；但在陶胎原料的选择、烧成温度等方面，它又与一般陶器不同。所以曹柯平先生说：

硬陶器既不属于纯粹的陶器，也不属于纯粹的瓷器；它是陶与瓷的逻辑序列之间一种陶、瓷特征并存的中间形态。^③

印纹硬陶的发展，为我国瓷器的出现奠定了基础。

2. 原始青瓷

原始青瓷与印纹硬陶在胎质方面的共同点是，它们都是以耐火粘土或难熔粘土为原料制成的；在胎质方面的不同点是，青瓷器在选用的粘土的纯度、对粘土的加工（如淘洗、精炼等）精度

①③ 曹柯平：《有关硬陶器的研究》，载《江西文物》，1991年第2期。

② 刘诗中等：《商周赣境越人对中华文明的贡献》，见中国百越史研究会编：《百越史研究》，贵阳，贵州人民出版社，1987年，300页。

等方面高于硬陶。也就是说,青瓷器的胎体主要是选用纯度较高的粘土——高岭土为原料制成。高岭土是由长石或长石质岩风化而成,二氧化硅和三氧化二铝的含量高,含杂质少。若瓷胎中含铁量低,长石和石英等成分以及莫来石结晶就决定瓷胎具有半透明性或透明性。例如安徽屯溪、殷墟等地出土西周、商代的原始青瓷,其二氧化硅含量在71%以上,三氧化二铝含量达17%~20%,三氧化二铁的含量只有1.48%~1.83%。它们与我国宋代、明代的一般青瓷器的胎质在化学成分上十分相近,只是对高岭土的提炼精细度不高而已。^①

正因如此,青瓷器的胎质在颜色上一般都比硬陶的胎体浅;由于所选粘土的纯度高,加工精细一些,烧成温度也比硬陶高,可达1200℃以上,其烧结程度也比硬陶致密。青瓷胎的吸水率低(低于1%)或几乎不吸水。

更为重要的是,青瓷器与硬陶的根本区别在于青瓷器表面有釉。但是釉的出现也与硬陶有关系。

李辉炳先生指出:

一种窑内形成的“天然釉”,也有称为“落灰釉”,用景德镇窑工们的行话,称作“瀑汗”。这种“瀑汗”釉的形成,是由于胎体在窑内焙烧,受到高温而收缩,发生急剧变化时而形成的。^②

李先生还专门将“天然釉”的标本送往景德镇,请教了具有几十年实践经验的老窑工们,确认这种“天然釉”是一种在窑内经过1100℃以上的高温时,自然形成的“瀑汗”现象。“正因为人们在长期的生产实践中,不断受到‘瀑汗’现象的启发,并反复加以试

① 李知宴:《关于原始青瓷的初步探索》,载《文物》,1973年第2期。

② 李辉炳:《印纹陶与印纹硬陶》,见文物编辑委员会编:《文物集刊·3》,北京,文物出版社,1981年,92页。

验而发明了釉。”^①可见,采用1100℃以上的高温所烧制的陶器当然是硬陶无疑;长期烧制硬陶时出现的“瀑汗”现象,启发了人们主动地将这种“汗”烧制在硬陶上,于是原始青瓷器就出现了。

原始青瓷在我国许多地区都有发现,如湖北黄陂盘龙城商代遗址、江西吴城商代遗址等。根据李家治先生的研究,考古出土的商代原始瓷器的胎质,主要成分为二氧化硅和三氧化二铝,三氧化二铁的含量和二氧化钛的含量一般都不高,因此胎体一般都呈灰白色。原始釉中氧化钙的含量一般都在6.5%以上,是一种石灰釉。^②石灰釉具有光泽好、透明度较高、硬度较大的特点,适宜用作青瓷的釉料。从无釉到有釉,这是我国陶瓷史上一个巨大的进步,也是从陶向瓷演进过程中一个十分重要的条件。

李辉炳先生指出:

印纹硬陶的发展,逐步代替了印纹陶,原始青瓷的发展,又逐步代替了印纹硬陶。两个代替不仅有着时代上的不同,而且代表了江南地区陶瓷器发展上的先后两大成就。印纹陶发展的结果,出现了印纹硬陶,从前者到后者,尽管是一大变化,但还是属于“陶”的范畴。在陶瓷发展上是量变而不是质变;印纹硬陶发展的结果,为原始青瓷的出现创造了条件,尽管两者关系密切,但并非属于一个范畴。青瓷的出现,在陶瓷的发展上才由量变达到了质变。这样的质变是在烧制印纹硬陶的基础上,把烧结的瓷胎与高温玻璃质釉结合了起来——原始青瓷烧成功了。由于瓷器具有有釉的优越性,所以出现以后,很快就发展起来并

① 李辉炳:《印纹陶与印纹硬陶》,见文物编辑委员会编:《文物集刊·3》,北京,文物出版社,1981年,92页。

② 李家治:《我国瓷器出现时期的研究》,见中国硅酸盐学会编:《中国古陶瓷论文集》,文物出版社,1982年,94~102页。

逐渐代替了印纹硬陶。这是江南地区陶瓷器发展的一般规律。^①

印纹硬陶和原始青瓷是古代吴越地区的劳动人民对中华文明的重要贡献之一。

四 水师与造船

春秋战国时期的吴越人主要生活在现今的江苏、浙江等地区,从地理环境看,其地东临大海,河网交织,客观的条件使吴越人很早以来就善于舟楫。有关吴越人善于舟楫的记载,在我国古代文献中常可见到,董楚平先生在《吴越文化新探》一书中引述了如下的记载:

《艺文类聚》卷71引《周书》说:“周成王时,于越献舟。”

《竹书记年》记载,襄王七年(前312年),越王派人至魏国献“舟三百”只。

《越绝书·记地传》记载越王勾践描述越人“水行而山处,以船为车,以楫为马,往若飘风,去则难从。”

《淮南子·齐俗训》说:“胡人便于马,越人便于舟。”^②

特别是《国语·吴语》,详细记载了春秋末年吴越交战及越灭吴的战争中双方水师的情况。

据《国语·吴语》记载,当吴王夫差北上中原,赴黄池盟会时,“越王勾践乃命范蠡、舌庸,率师沿海溯淮以绝吴路。败王子友于姑熊夷。越王勾践乃率中军溯江以袭吴,入其郛,焚其姑苏,徙其大舟”。“沿海溯淮”、“溯江”、“徙其大舟”,都说明在吴

① 李辉炳:《印纹陶与印纹硬陶》,见文物编辑委员会编:《文物集刊·3》,文物出版社,1981年,91页。

② 转引自董楚平:《吴越文化新探》,杭州,浙江人民出版社,1988年,274-275页。

越间的这次战争中,越国主要的行军路线是走水路,而双方使用的都是舟师(即水师)。

在越灭吴的战争中,双方使用的也是水师。《国语·吴语》记载:

于是吴王起师,军于江北,越王军于江南。越王乃中分其师以为左右军,以其私卒君子六千人为中军。明日将舟战于江,及昏,乃令左军衔枚溯江五里以须,亦令右军衔枚逾江五里以须。……吴师闻之,大骇,曰:“越人分为二师,将以夹攻我师。”乃不待旦,亦中分其师,将以御越。越王乃令其中军衔枚潜涉,不鼓不噪以袭击之,吴师大北。越之左军、右军乃遂涉而从之,又大败之于没,又郊败之,三战三北,乃至于吴。

可见这场吴越之间的生死决战,主要是在水上进行的。

董楚平先生指出:吴越之间的一些重大战役,主要都是在水上进行的,“双方的胜败似乎都取决于水战。这种情况,在春秋战国时期的其他国家是很罕见的。……在陆地上,吴越主要使用步兵。相比之下,水师应是吴越争霸的主要军种。水师既然占着这样重要的地位,那么,战船一定不小”。^①

关于吴国战船的情况,在《越绝书·逸文》中有关于吴越战船的规模、编制的记载:

伍子胥《水战兵法内经》曰:“大翼一艘,广一丈五尺二寸,长十丈。容战士二十六人,棹五十人。舳舻三人,操长钩矛斧者四,吏仆射长各一人,凡九十一人。当用长钩矛长斧各四,弩各三十二,矢三千三百,甲兜鍪各三十二。中翼一艘,广一丈三

① 董楚平:《吴越文化新探》,杭州,浙江人民出版社,1988年,276页。

尺五寸，长九丈六尺。小翼一艘，广一丈二尺，长九丈。”

阖闾见子胥，敢问船军之备何如，对曰：船名大翼、小翼、突冒、楼船、桥船。令船军之教，比陵军之法，乃可用之。大翼者，当陵军之重车。小翼者，当陵军之轻车。突冒者，当陵军之冲车。楼船者，当陵军之行楼车。桥船者，当陵军之轻足驃骑也。（《御览》770）^①

由上述记载可见，春秋时期吴国的水师（即“舟师”）的设置与编制，是在模仿当时的车兵（“陵军”）的设置与编制而形成的。因为在春秋时期，各国的陆军中步兵、骑兵的数量一般都不是很多或几乎没有，车战还是当时主要的战斗形式。《楚辞·国殇》云：“操吴戈兮披犀甲，车错毂兮短兵接”，所描述的就是车战的场景。

至于越国的战船情况，在《越绝书·外传记地传》中有记载：“勾践伐吴，霸关东，……死士八千人，戈船三百艘。”勾践“初徙琅琊，使楼船卒二千八百人，伐松柏以为桴”。可见，当时越国的战船有戈船、楼船等。董楚平先生指出：

“戈船”是越族首创的战船，后来传到中原。……戈船应是一种近战的快艇，体积较小，故勾践在琅琊一处就有“戈船三百艘”。吴越善于制戈，这种近战的快艇或以铜戈为主要兵器，故名。^②

出土的铜戈实物表明，当时的铜戈都装有一根长度在1.2~1.5米左右的戈柄，所以戈是一种中长度的兵器；加之铜戈前端尖锐、两边有刃，刃部又与戈柄垂直，所以在实际战斗中可砍、可钩、可推，比较适合近战的快艇使用。因此，“戈船”就是主要使

① 转引自董楚平：《吴越文化新探》，浙江人民出版社，1988年，276页。

② 董楚平：《吴越文化新探》，277页。

用戈的一种战船。

吴越的“楼船”，故名思义就是船上建有“楼”，亦即是有多层建筑的船。《左传·昭公十七年》记载：公元前525年，楚国的水师与吴国水师在今天的安徽省当涂县一带发生战斗，“战于长岸……大败吴师，获其乘舟余皇”。“余皇”曾是一艘吴国国王余祭乘坐过的大船，当然也是一艘楼船，所以楚人十分高兴。失去“余皇”这艘大船的吴军，回国后是死罪的，因此“吴公子光请于其众，曰：‘丧先王之乘舟，岂唯光之罪，众亦有焉。请藉取之，以救死’”（《左传·昭公十七年》）。后来，吴人想方设法夺回了“余皇”。由此，表明在春秋时期，吴国已经能够制造高大的楼船，而且在战争中得到了使用。

董楚平先生指出：

春秋战国时期，其他国家都没有如此庞大的水师。吴越的战船肯定是本国制造的，应有专门的造船场所与专管造船的官署。《越绝书·外传记地传》说：“舟室者，勾践船官也，去县五十里……”“石塘者，越所害军船也。塘广六十五步，长三百五十三步，去县四十里。”

“舟室”、“船官”应该就是越国专管造船的官署，“石塘”当为越国船坞。越国在钱塘江边还设有军港，《越绝书·外传记地传》说：“防坞者，越所以遏吴军也，去县四十里……”“浙江南路西城者，范蠡敦兵城也。其陵固可守，故谓之固陵。所以然者，以其大船军所置也。”“防坞”在今绍兴附近；置有“大船军”的“固陵”城，在今萧山，都是越国的军港。越国不但有军港，而且有商港。吴越的造船业不但为军事服务，也为民间水运服务。^①

① 董楚平：《吴越文化新探》，杭州，浙江人民出版社，1988年，277～278页。

春秋战国时期吴越地区造船技术的具体情况如何,因直至今目前尚未见有关的文物出土,古代文献中也少有记载,一时还难以考证。不过,以下几点是可以肯定的:

第一,吴越地区青铜制造业比较先进,为造船业提供了性能比较优良的金属工具。

第二,春秋战国时期,虽然铁钉尚未出现,但是多块木材间通过榫卯、木钉等相拼接的技术已经比较成熟;木材构件之间采用青铜附件加固的技术已经有了一定程度的运用。它们都为木船的制造奠定了基础。

第三,从楚国的漆器制造技术中可以看到,春秋战国时期,漆的使用、油的使用、漆、油与麻、丝的混合使用等技术已经出现并得到应用。这些技术在木船制造中的防腐、防渗漏等方面都是十分适用的,吴越人在造船时也一定用到了这些技术。

第四,早在距今七千多年前的浙江河姆渡文化中就已经出土过船桨、陶舟,这些造船技术也一定为后来的吴越民族继承与发展。

因此,董楚平先生认为:

在春秋战国时期,吴越的造船、航运事业居全国领先地位。吴越的经济水平,总的来说并不先进,唯造船、航运突出领先,除地理条件外,应有深远的历史原因。从河姆渡的船桨、陶舟,到吴越的“大翼”、“小翼”、“戈船”、“楼船”,不由得使人联想翩翩:在上古时代,在寂寥的太平洋上,我国的长江口一带,是少有的舟楫飞舞、人鱼交欢的热闹地方;这里的先民们,是世界上最早尝试征服海洋的民族之一。^①

^① 董楚平:《吴越文化新探》,杭州,浙江人民出版社,1988年,281页。

第三章

科学技术的发展 (秦汉六朝时期)

第一节 “火耕水耨”——一种适宜的稻作技术

火耕水耨的耕作方法,在我国古代文献中多有记载。公元前2世纪的司马迁在《史记·货殖列传》中云:“楚越之地,地广人稀,饭稻羹鱼,或火耕而水耨。”公元9世纪初的《隋书·地理志(下)》中记载:“江南之俗,火耕水耨,食鱼与稻,以渔猎为业。”从春秋战国时期到六朝时期的一千多年的历史进程中,江南地区的水稻生产一直延用着这种耕作方法。仅从这一点就可以看出,这种种植水稻的耕作方法是一种比较适宜于长江中下游地区采用的耕作方法,而且在其长期使用的过程中是不断发展的。陈国灿先生指出:

(“火耕水耨”)的耕作技术水平是不断发展的,并不始终具有原始落后的性质。就六朝以前的江南水稻的种植业而言,在总体水平上表现为“火耕水耨”的外在形式下,其内在的耕作技术不仅先秦时已达相当高的水平,而且两汉时仍在继续发

展,与同期北方的农业相比并不逊色。^①

一 何谓“火耕”

火耕水耨是种植水稻时的两个耕作阶段。所谓火耕,就是秋季收割水稻时只割下稻穗,留下大部分稻秸在田中,来年春天,放火将其与干枯的野草一起焚烧成灰烬,然后翻耕土地,将灰烬埋在土下作肥料。这是水稻种植中备耕阶段的耕作方法。这种耕作方法在出土文物中也可以找到一点证据:20世纪70年代在湖北江陵发掘的凤凰山167号西汉早期墓中出土有四束稻穗,就是从接近稻穗的地方割下的,可见是将稻秸留在了田里。两汉六朝时期,长江中游一带森林覆盖面积很大,日常所用燃料比较容易取得,无需像近现代那样用稻秸作燃料。直到近现代,我国农村一些地区常常将植物的秸秆堆在一起,上面再铺一层拆下来的灶土或已经晒干破碎的塘泥,然后焚烧,烧成的灰烬运到田中作为肥料。这一方法可以说是古代火耕的延续和发展。

陈国灿先生指出:

火耕作为水泽平原稻作农业的耕作方式,其重点在于对田中荒草或稻秆的焚烧。……而且,考虑到人们生产技术的进步,火耕的具体形式可能经历了由早期的烧荒式直接焚烧,到后来先用一定工具除草,待晒干后再烧的发展过程。如《齐民要术》在谈到汉魏之际的情况时说:“凡开荒山泽田,皆七月芟艾之。草干,即放火。”另一方面,更为重要的是,由于火耕是稻作农业在灌溉技术发展 to 一定阶段的产物,它已超过了刀耕火种的早期原始形态,达到了锄耕乃至犁耕阶段。锄耕和犁耕的

^① 陈国灿:《“火耕水耨”新探》,载《中国农史》,1999年第1期。

生产技术的一个显著的特点是注重对土地的加工,其中包含了播种前的翻耕松土。因此,火耕除了烧草,还应包括翻耕环节,而且其具体的翻耕技术同样也处于不断发展之中。在方法上,由早期的直接翻耕到后来的先灌水再翻耕;在工具上,由起初的石器、骨器,到后来的金属制器;在技术上,由开始的锄耕到后来的犁耕。^①

二 何谓“水耨”

所谓水耨,就是在水稻生长前期,由于稻苗中间有许多杂草生长,此时可以将稻田里的水放掉一些,人到稻田中将杂草拔起后再埋进田里去,然后灌水沤腐,将杂草变成了肥料。这是水稻种植中中耕阶段的耕作方法。水耨,不是只进行一次,往往要进行二三次。

陈国灿先生对“水耨”的含义及其发展作了比较详细的论述,他指出:

水耨的产生早于火耕,它实际上是随着水稻种植业出现,作为“水耕水耨”的方式的一部分而同时形成的。稻作农业由水耕水耨发展为火耕水耨,水耨的具体形式也在演进。大致说来,主要表现为四种形式:一是以水灌田,满足水稻生长的基本需要。由于水稻种植对水有着特殊的要求,从某种意义上讲,只有人们具备了最起码的控水意识和手段,原始稻作农业才有可能得以开展。因此,在稻作农业产生初期,人们可以不耕不耨,却不可以不灌溉。……可以说,以水灌田乃是水耨最初也是最基本的一种形式。^②

①② 陈国灿:《“火耕水耨”新探》,载《中国农史》,1999年第1期。

考古工作者在湖南澧县城头山遗址发现了距今 6500 年至 6300 年前后的稻田,这一时期的稻田都有田埂,还修建有排灌水的设施。这一考古发现证实了“在稻作农业产生初期,人们可以不耕不耨,却不可以不灌溉”的论述。

陈国灿先生接着指出:

二是水淹除草。在以水灌田的长期实践过程中,人们开始是无意识地、进而由于经验的积累而有意识地采用水淹来除草,从而赋予水耨以新的内涵,并成为其后来进一步发展的主要方向。如《周礼·地官·稻人》所说的“凡稼泽,夏以水殄草而芟夷之”的情况,便是两汉时期稻作农业区人们运用水淹除草法的技术已相当成熟的反映。

三是手耨与脚耨。用自然水淹法固然可以除草,但其中也存在很大的局限性,即对陆生草效果较好,而对水生草则收效甚微。特别是随着稻作农业的发展,在熟荒制时期,熟荒土地上杂草众多,使得除草任务尤为繁重,……为了提高除草效果,人们最容易注意到的是手和脚的除草功效,即采用“手耨”(用手拔草)或“脚耨”(用脚踏草),……如《淮南子·泰族训》中记载,在南方稻作农业区,“离先稻熟,而农夫耨之,不以小利伤大获也”。……所谓“农夫耨之”,亦即人们运用手耨除草。

四是利用工具除草。在手(脚)耨中,手和脚充当了除草工具,因而随着工具的发展,人们开始越来越多地把相关农具运用于除草工作中,……至两汉时期,利用工具除草已成为南方稻作农业进行水耨所广泛采用的一种耕作形式。这在当时不少文献记载中也能得到印证。如汉末应劭在《汉书·武帝纪》注中说:“烧草下水种稻,草与稻并生,高七八寸,因悉芟

去。复下水灌之，草死，独稻长，所谓火耕水耨。”^①

总之，“水耨”就是人们主要采用灌水的方法来除去稻田杂草，其方法也是不断发展的。即使在除草工具已经相当发达的条件下，自然水淹和手耨、脚耨也仍然作为一种方法而存在。直到近现代，人们还是这样在稻田中进行中耕除草的：稻田里的水放掉一些之后，每人持一棍作拐杖赤脚下到稻田内，由于田内泥土比较稀软，可以用手或脚趾将杂草的根扒起后再用脚掌将其踏到泥土下面，一般是杂草都比稻苗长的要高一些，容易辨认。杂草除完后再向田里灌水，将杂草沤作肥料。因此，从本质上说，水耨的方法几千年来并没有太大的变化。

三 “火耕水耨”耕作方式的发展

两汉六朝时期，就火耕水耨的耕作方式而言，在进一步走向全面兴盛和普及的同时，其实行的基础和所含的内在技术都有长足的提高和发展。陈国灿先生指出：

这具体可以从以下三个方面来看：第一，灌溉技术的进步和水利工程的大量兴修。如西汉的镜湖围挖工程和余杭苕溪防洪灌溉网络建设等。这些水利灌溉工程规模都相当大，如镜湖工程可以溉田“九千顷”；苏嘉运河纵贯今苏南浙北整个太湖流域。至于小规模的水利建设，则更为普遍。灌溉和水利事业的发展，有利于江南稻作农业越来越摆脱水的制约，促进了水田面积的拓展和经营规模的扩大，也使得火耕水耨方式更趋普及，效果不断提高。第二，牛耕的普及和铁农具的广泛使用。为保证牛耕的需要，到东汉时，江南不少郡县积极鼓励耕牛养

^① 陈国灿：《“火耕水耨”新探》，载《中国农史》，1999年第1期。

殖,有的甚至明令禁止民间宰杀耕牛。……牛耕和铁农具的普及正是两汉时期北方农耕技术发展的重要标志,就此而言,则江南地区在这方面并未落后。第三,火耕水耨的具体操作更具合理性和系统性。根据汉魏时期的有关文献记载,至少到东汉后期,江南稻作农业的火耕水耨方式在一定程度上已发生了质的突破。如在火耕(备耕)过程中,注意时节把握和灌水的控制,以提高开田、增肥之效果;注意深耕和松土的均匀,以更适应水稻的根植特性,并为中耕除草奠定基础。在水耨(中耕)阶段,注意锄草与追肥的结合;改革除草工具等。显然,此时江南稻作农业中的火耕水耨方式与北方中原地区旱作农业的耕作方式在技术水平上并无落后与先进之分,所不同的只是因彼此农业种植种类的不同而导致的形式上的差异而已。^①

由上所述可见,火耕水耨是江南地区劳动人民长期以来适应自然环境而创造出的一种种植水稻的耕作方法。但是这一耕作方法长期以来曾一直受到误解,将火耕水耨与刀耕火种看成同一回事,认为两者都属于落后的农业耕作方法,这是不妥的。因为,刀耕火种指的是:在荒地上用刀斧将草木砍伐之后原地放置晒干,草木干枯时放火焚烧成灰烬,用带有尖端的木棒在铺有灰烬的地面上掘坑点种,然后就再不进行其他任何的管理了,待到作物成熟时才来收获。可见,刀耕火种是一种原始的耕作方法。而火耕水耨则如陈国灿先生所说:

本质上不过是南方传统稻作农业发展前期人们对火与水的利用而在耕作方式上表现出来的一个总体特征,因而可以容纳不同的利用方式与技术水平,存在于传统稻作农业发展的诸

^① 陈国灿:《“火耕水耨”新探》,载《中国农史》,1999年第1期。

多阶段。从更广阔的历史范围来看,在某种意义上讲,即便在六朝以后,这一方式在江南农业生产中亦未真正消失,而是在更高的技术基础上,表现为更进步合理的具体形式。^①

如在近现代,我国一些农村常常使用的“晒田”,即在晚秋至早春的一段时间内,将稻田里的水放干,将稻田晾晒一段时间,以利于土壤中微生物的生长,增加土壤的肥力。这一做法,就是古代火耕水耨耕作方式遗迹的一种表现。

第二节 南阳冶铁技术

河南省的南阳盆地是我国的一个腹心盆地,位于河南省的西南部,其地理位置在“陪京之南,居汉之阳,割周楚之丰壤,跨荆豫而为疆”(汉·张衡《南都赋》)。汉代的南阳郡不仅包括今天的河南省的南阳地区,还包括今天湖北省襄樊市的部分地区,是我国古代交通的要冲。

西汉武帝时期,在全国曾经设立了大铁官40处,南阳郡是产铁最多的大郡之一。现代考古发现,在南阳地区的汉代冶铁遗址就有11个之多。在南阳地区蕴藏有丰富的铁矿资源。在春秋战国时期南阳为楚国的“宛”地,宛地所产的铁制兵器如《荀子·议兵》云:“宛钜铁铍,惨如蜂蛰。”秦汉之际,具有冶铁经验的孔氏家族迁来南阳,特别是西汉武帝时期,孔氏家族的孔仅被武帝任命为大司农长丞,主管全国的冶铁事务,把全国的金属矿产收归官府管理。在南阳,孔氏家族采取了将铁器生产与农业发展、农田建设及水利开发等结合起来的综合开发的思想与措施。这些,都促进了汉代南阳地区冶铁业的发展,使汉代南阳冶

^① 陈国灿:《“火耕水耨”新探》,载《中国农史》,1999年第1期。



铁技术达到了一个比较高的水平,创造出了多项汉代冶铁的先
进技术。这些先进技术主要有:

一 热鼓风技术

考古工作者在南阳瓦房庄等地发现了多座汉代的熔铁炉。
这种熔铁炉是采用冶铁作坊生产出来的铁块以及回收来的破旧
铁器为原料,经过重新熔化后制造铁器,所以也可以说是一种化
铁炉。这种熔铁炉外型呈筒状,炉壁较薄,采用侧吹式鼓风。考
古发掘资料表明,当时熔铁炉鼓风采用的设备是皮囊和陶管;陶
管是一段一段的相互连接,外敷草拌泥;陶管是插入到熔炉内部
进行鼓风的。李京华等指出:

熔炉的外形呈筒状,炉墙较薄,从铜器时代到战国时代的
中小型熔炉采取顶吹式,但汉代较大型熔炉则借用炼炉的经验
采取侧吹式鼓风。人们在侧吹式鼓风过程中,不难发现顶吹式
鼓风管伸入炉腹中上部,而一周受热,虽然泥管有一定的绝热
作用,但仍有传热功能,使风管内成为热风。在同样的鼓风动
力条件下,顶吹的热风比侧吹的冷风熔炼效果要好得多,不能
不引起炉前工匠的注意。到了西汉时代,熔铸工匠改造了鼓风
管的结构,把鼓风管架设在熔炉口部,并将位于炉口的一段风
管直径扩大,增大炉火烧的面积和风管内的空气容量,使鼓入
的冷风成为涡流而延长预热时间,提高风管内的风温。根据风
管下侧和鼓风嘴的泥层烧流情况看,炉口部的余热温度为
 $1250^{\circ}\text{C} \sim 1280^{\circ}\text{C}$,透过4~7.5厘米厚的管子绝热层,传到管腔
的温度约有 300°C 左右。大大地改善了炉内的风温。^①

① 李京华等:《南阳汉代冶铁》,郑州,中州古籍出版社,1995年,21页。

这种改进鼓风管的结构,将风管设在熔炉炉口,利用余热加热鼓入的冷风,并有意识地加粗炉口部分鼓风管的直径等措施,进一步提高了鼓入炉内空气的温度。这对提高熔铁炉内的熔炼温度、缩短熔炼的时间、提高所熔铁水的质量,都是十分有利的。李京华等认为,“这是中国最早的热鼓风熔炉装置”。^①

二 “水排鼓铸”的发明

在南阳瓦房庄冶铁遗址的发掘中,发现了汉代熔铁炉所用的鼓风传动机械遗迹。李京华先生等在《南阳汉代冶铁》一书中介绍:

关于熔炉的鼓风传动机械,从瓦房庄遗址中发掘出这方面的遗迹看,在遗址的东南部,呈扇形分布四个炉址围绕在勺形鼓风机械坑的南边。鼓风机械基址的南部圆形坑,是卧轮传动机械的基址,北部勺柄形槽是穴居式轮流休息的场所,西边是鼓风者上下出入的阶梯道。从0.5米宽的阶梯道来看,只能供一人出入,以此而论它是以人力为动力的卧轮传动鼓风机械遗址。……从卧轮坑的直径近8米、槽长9米看,推测推轮的人数,每班8~12人左右,以此看出鼓风的动力是不小的。作为高3米、直径1.5米的竖炉鼓风机械,鼓风量应是充足的。^②

从以下所附的图3—1中可以看出,这种利用人力进行鼓风的机械,如将下面的人力传动装置换成水轮,采用水流带动,就是地道的水排了,不过这是一种卧轮式水排。

① 李京华等:《南阳汉代冶铁》,郑州,中州古籍出版社,1995年,81页。

② 李京华等:《南阳汉代冶铁》,郑州,中州古籍出版社,1995年,21~22页。

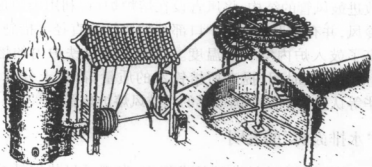


图3—1 勺形鼓风机械遗址复原示意图

我国利用水排的历史可以追溯到西汉末年或东汉初年。西汉人桓谭(公元前23~39年)在《桓子新论》中最早以文字记载了水力的利用:“宓牺之制杵臼,万民以济,及后人加巧,因延力借身重以践碓,而利十倍杵舂。又复设机关,用驴、羸、牛、马,及役水而舂,其利乃且百倍。”

谭徐明先生指出:

桓谭在《新论》中向光武帝介绍了当时最新颖的粮食加工机械,“役水而舂”的水力机械是其中之一。由此可以推论,这种水力机械的出现在桓谭著《桓子新论》之前,至迟是西汉末年至公元25年。^①

桓谭所说的这种“役水而舂”的机械就是水排。谭徐明先生还指出:

水碓是由水轮的圆周运动通过动力轴上的拨板转化为碓

^① 谭徐明:《中国水力机械的起源、发展及其中西比较研究》,载《自然科学史研究》,第14卷第1期1995年。

杆的间歇运动。就其工作原理来看,若水轮采用卧式水轮必须有齿轮一类的装置,才可能将动能传达到碓杆,而立式水轮可使机械结构最简便。由此可以认为中国最早出现的是立式水轮。^①

李京华等认为:

南阳郡是中原大地农田水利发展较早的地区之一,西汉的召信臣曾在南阳作出过重大贡献。利用水为动力,造作水碓春谷是一大发明。^②

而将水排用于鼓风冶铸则是东汉时期的南阳太守杜诗的发明,杜诗的这一发明也正是建立在水碓的基础上的。

杜诗原籍河内郡,少年时就富有才干,曾在当时的河内郡等地为官,东汉建武七年(公元31年)迁任南阳郡太守。《后汉书·杜诗传》记载:杜诗,其性节俭,“善于计略,省爱民役,造作水排,作为农器”。这种水排就是一种利用水流为动力,通过传动装置带动皮囊进行鼓风的机械,也就是我国科学技术史上常常提到的“水排鼓铸”。

“水排鼓铸”的原理是:水流引自山溪,通过闸板和水槽,引导水流冲击水轮的叶片,使水轮转动,再通过转换机械使水轮的转动变换成鼓风装置的往复运动。通过闸板可以改变水的流量,从而调节水轮的转速和力矩,也就能调节鼓入的风量。闸板切断水流时,水轮停转,水就溢入水槽两侧的泄水道中。

李京华等指出:

① 谭徐明:《中国水力机械的起源、发展及其中西比较研究》,载《自然科学史研究》,第14卷第1期1995年。

② 李京华等:《南阳汉代冶铁》,郑州,中州古籍出版社,1995年,79~80页。

“在南阳郡内的冶金考古工作中发现,在河水旁边的作坊设置水排鼓风机械,可提高铁的生产量。我们认为桐柏县故县的张畷遗址,炉址距河边仅有几米之远,应是利用河水建水排之地。”^①上面已经提到的瓦房庄冶铁遗址出土的勺形鼓风机械坑,“应是人推木轮转动机械的人排鼓风遗址。若此推论无误,这就是把水排机械应用到无水源地,仍以人为动力的人排机械来鼓风。这比人直接推拉风囊要省力些,无疑也是进步。”^②

这些考古发现不仅证明了汉代南阳地区已经采用水排鼓风冶铁,同时也证明了在不靠近水源的地方采用与水排相似的人排进行鼓风冶铁,为因地制宜,灵活应用。

至于当时南阳的“水排鼓铸”中所用水排是立式轮还是卧式轮的问题,从上述已经提到的瓦房庄冶铁遗址出土的勺形鼓风机械坑来看,当为卧式轮。谭徐明先生指出:

水排乃至见于北魏记载的水罗,就机械原理而言属于另一类机械。通过类似曲柄的装置将动力轴的圆周运动转化为工作机的连续运动。……从机械结构来看,水排、水罗采用卧式水轮传动部分可以更为简单。由此,卧式水轮的诞生时代上限应在水排发明之时,即东汉建武七年(公元31年)。^③

“水排鼓铸”技术在杜诗之后一直被沿用下来。三国时魏国的监冶谒者(官名)韩暨把水排推行到整个魏国官营冶铁手工业中去,并对水排作了改进,利用大河作为水排的动力(所谓“因长流为水排”),同时又将当时中原地区普遍利用的“马排”机械装置移植、改造,作为水排的机械装置,这样便大大地降低了冶铁

①② 李京华等:《南阳汉代冶铁》,郑州,中州古籍出版社,1995年,80页。

③ 谭徐明:《中国水力机械的起源、发展及其中西比较研究》,载《自然科学史研究》,第14卷1期1995年。

的成本,即所谓“计其利益,三倍于前”。到了南北朝时,大江南北都推行“水排鼓铸”了。^①“水排鼓铸”是我国冶金史上的一项重大的技术创新。

三 炒钢

炒钢,是一种半液态冶炼铁的方法,这一技术的出现可以说是我国炼钢史上的一次革命。炒钢是以生铁为原料,将生铁加热到半液体状态,利用鼓风中的氧使生铁脱碳到钢或熟铁的成分范围。由于冶炼过程中要不断的搅动金属,所以称之为“炒钢”。20世纪50年代以前,我国民间习惯地称之为“炒铁”。

在南阳瓦房庄汉代冶铁遗址中发现了一座东汉时期的炒钢炉,在南阳地区的方城县赵河村的汉代冶铁遗址中发现了炒钢炉6座,炉型基本相同。“瓦房庄的一座,上部已损毁。是就原地面向下挖成‘缶’状坑作为炉膛,然后在炉膛内面涂一层夹细砂的耐火泥。火池周围和底糊草泥。炉的平面作椭圆形,炉门向东,东西长0.27米、南北宽0.22~0.28米,炉壁厚0.04米,膛残深0.08~0.16米。火池在炉门外,呈半圆形,东西长0.25米,南北宽0.29米,残深0.12米。……炉底中央遗留一块长0.15米、宽0.12米的铁块,铁质不纯,断面呈褐灰色,气泡较多。这种炒钢炉和本世纪(指20世纪)四十年代栾川县山区的炒钢炉大致相同。”^②瓦房庄出土的这座汉代炒钢炉属于单室式的小型炒钢炉,“炉子容积较小,炉膛在地下因而散热较少,有利于温度的集中和提高。炉口较大便于装料、搅拌和出钢团。一人鼓风,一人操作,一人备料,两人锻打,总之一个专业而固定型的炒钢炉

① 赵匡华等:《中国科学技术史·化学卷》,北京,科学出版社,1998年,164页。

② 李京华等:《南阳汉代冶铁》,郑州,中州古籍出版社,1995年,53页。

需要五个人,进行专门而连续炒钢生产”。^①

有关南阳炒钢炉的工艺特点,何堂坤先生认为:

单室式炒炼。基本特点是金属熔炼与燃料燃烧同在一个炉膛中进行。此法发明较早,沿用时间较长,……冶炼时先放木炭,后放生铁,生铁需击碎,……生铁接近熔化时,启开炉口,用铁棍或木棍不断地搅动金属。随着炒炼之进行,碳分不断降低,金属熔点升高,便粘结成一个海绵状固体块,之后夹出锤击,排除夹杂,并赋予一定形状,便是炒炼产品。……单室式炒炼的优点是设备简单,缺点是因金属与燃料直接接触,所含有害夹杂往往较多。^②

李京华等指出:

特别需要强调的是生铁炒炼成钢这一崭新的高效率的先进技术的出现,改变了整个冶铁生产的面貌,在钢铁史上具有划时代的意义。所以说,炒钢的发明和应用,对发展汉代的农业、手工业、水利、交通、建筑、军事装备和人们的物质文化生活都起到了重要的作用。^③

在我国,炒钢工艺自汉代发明之后就一直沿用了下来,直到近代。从汉代到明清这一千多年的历史进程中,我国一般锻件,包括生产工具、生活用具和兵器中的锻件,相当多的都是由炒钢及其再加工的产品为原料制成的。

①③ 李京华等:《南阳汉代冶铁》,郑州,中州古籍出版社,1995年,54、55页。

② 何堂坤等:《中华文化通志·纺织与矿冶志》,上海人民出版社,1998年,289页。

第三节 《抱朴子·内篇》中的化学知识

东晋·葛洪(284~364年,另一说为283~343年),字稚川,别号抱朴子,丹阳句容(今江苏省句容县)人,出身于士族大家,青少年时就对神仙方术发生兴趣。由于当时社会动乱,加之自身仕途艰难,青壮年时代的葛洪就逐渐抛却了为仕之心,在南方一带访求炼丹名师,最终在广东(一说为江西)罗浮山中炼丹修炼,以至终年。葛洪一生的主要著作有《抱朴子》外篇50卷、内篇20卷,还有《神仙传》等。

葛洪的《抱朴子》分为内、外两篇。《抱朴子·外篇》所论述的主要是儒家应世之言;《抱朴子·内篇》所论述的主要是神仙方术,无非是世上确有神仙存在,凡人只要诚心诚意地求仙访道就可以成为神仙,仙丹也是可以炼成的。

《抱朴子内篇》共分为二十卷,虽然大多为神仙方术之言,然而,其中在第四卷《金丹》、第十一卷《仙药》、第十六卷《黄白》等篇中也包含有一些古代化学方面的内容,对于我国古代科学技术史、特别是古代化学史的研究具有十分重要的价值。现仅举几例如下:

一 道家的“大还丹”炼丹实验与氧气发现之间的关系

道家是以内修和外修两个方面来教导人们进行修炼的。内修,就是通过呼吸、吐纳、导引等气功类的修炼方法进而得到长生;外修,就是进行炼丹,服用炼出的丹药后从而得到长生。前者又称之为内丹术,后者又称之为外丹术。

丹药,就是采用多种天然或人工物质经过烧炼等手段而制成的产品,其中比较重要并且也十分著名的是“大还丹”与“小还

丹”。“大还丹”，通过现代化学等方法的考证，已经知道其主要成分是氧化汞，“小还丹”的主要成分是硫化汞。

葛洪《抱朴子·内篇·金丹》中记载：“丹砂烧之成水银，积变又还成丹砂。……九转九变，日数所成，皆如方”。这里所说的“丹砂”，据孟乃昌先生在《道教与中国炼丹术》一书中考证是指氧化汞。^①现代化学研究表明，水银（汞）在半密闭的条件下加热，由于空气的存在，逐渐生成氧化汞；氧化汞能以升华，凝结于容器的上部，由于氧化汞有红、黄两种变体，所以生成物往往呈现出鲜艳的红色或橙色；然而，如果继续加热至630℃以上，氧化汞又分解还原为汞与氧，汞呈银色液态沉在容器的底部，氧则呈气态逸出。葛洪所说的“九转九变”，就是指出汞与氧化汞之间的这种可逆的化学反应关系。为什么是“九转九变”呢？因为葛洪认为“金丹之为物，烧之越久，变化越妙。”（《抱朴子·内篇·金丹》）需要指出的是：在汞与氧化汞之间的这种可逆的化学反应关系中，葛洪等中国古代的炼丹家们所注意到的主要是汞与氧化汞。

中国的炼丹术在公元8世纪前后传到阿拉伯，进而又传到了西方。发生在西方的近代化学就是脱胎于西方的炼丹术，其根源当然就是中国古代的炼丹术，这是学术界公认的事实，只是近代化学否定了古代炼丹家们的理论而吸收了他们的实践材料。

近代化学在17世纪末至18世纪初创立了“燃素”说，认为一切可以燃烧的物质都含有一个共同的元素——“燃素”，一切与燃烧有关的化学变化都是由于物质吸收“燃素”或释放“燃素”的原因造成的。“燃素”说统治近代化学将近一个世纪，直到18世纪末叶氧气学说的建立为止。有趣的是，在18世纪后期，近代化学家们是在重复古代炼丹家们的实验中，对于参加汞与氧化

^① 孟乃昌：《道教与中国炼丹术》，北京，燕山出版社，1993年，135页。

汞之间可逆的化学反应中的另一种物质——氧予以了特别的注意,从而发现了氧气,建立了氧气学说,引发了近代化学的革命。

公元1774年,法国的科学家拉瓦锡在用铅和锡进行金属锻烧实验时,已经发现了金属的锻烧是由于金属与空气化合的缘故。为了用实验来证实这一点,最有说服力的就是从金属锻烧后的产物中分离出气体。于是拉瓦锡采用铁的锻烧物进行实验,但没有成功。公元1774年10月,另一位科学家普利斯特里来到法国巴黎,他告诉拉瓦锡加热汞的氧化物时发现有一种“脱燃素”气体,建议拉瓦锡采用古代炼丹家们多次进行过的汞与氧化汞之间的可逆反应进行实验。拉瓦锡重复了这一炼丹家们千百年来无数次进行过的实验,不过,他所注意的不仅是汞与氧化汞之间的变化,而且还有汞加热生成氧化汞后所增加的重量与加热氧化汞使之分解后逸出气体的重量相等。这一著名的实验,不仅证明了金属加热后的生成物的重量增加与所谓的“燃素”无关,而是金属与空气中某种气体化合的结果,同时也证明了化学反应中的质量不灭定律。后来,拉瓦锡又进行了一系列其他物质的加热燃烧实验,于1777年将空气中这种能以助燃、有助于呼吸的气体命名为“氧”,建立起了燃烧作用的“氧化学说”,从而引起了化学的革命。

孟乃昌先生在《道教与中国炼丹术》一书中指出:

拉瓦锡的实验,炼丹术的痕迹很明显,也是关于汞和氧化汞的往复循环和可逆反应的。加热时间同样很长,可能是在重复某些直接、间接的炼丹术资料。外国化学史家一致赞扬的拉瓦锡的可贵的循环思想,实际上是新水平下的炼丹术“还丹”的思想。重要的在于他把着眼点由汞移到氧,由固态移到了气态。仅仅这样一点不同,就会形成重大突破,终于使他成为革新家,成为“氧气的真正发现者”(恩格斯:《资本论》第二卷序言)。

从某一个或集体的“神农氏”、葛洪、孙思邈，经过阿拉伯和西欧炼丹家，到拉瓦锡，其中不知经过多少中间环节和中间人物，历经一千七八百年，中国炼丹术之枝干，在国外开出了鲜艳的氧气之花，结成了丰硕的化学革命之果。虽然每一个环节不一定是自觉地延续的，但从这个示范中也看到了思想继承和古为今用在科学史中的重大意义，给我们以信心和启发。^①

二 雄黄饵服之法与单质砷的发现

古代炼丹家千辛万苦进行炼丹，目的是为了服食炼出的丹药后能以成仙，雄黄便是炼丹家们常用的药材之一，同时也是服用的药品之一。

葛洪在《抱朴子·内篇·仙药》中记载了服食雄黄的六种方法，其原文为：

又雄黄……服饵之法：或以蒸煮之；或以酒饵；或以硝石化为水而凝之；或以玄胴肠裹蒸之于赤土下；或以松脂和之；或以三物炼之，引之如布，白如冰。^②

雄黄，化学名为 As_2S_2 ，即二硫化二砷，是一种天然产物，有时易与雌黄（化学名为 As_2S_3 ，即三硫化二砷）相混淆，至今还是常用的中药之一。雄黄与雌黄都具有一定的杀毒去邪的作用，适时、适量、对症服用，可以起到祛病强身的效果，所以葛洪一下子介绍了六种服食雄黄的方法。其中在我国民间流传千百年的在每年端午节前后服用雄黄酒的习俗，就是葛洪“或以酒饵”的

① 孟乃昌：《道教与中国炼丹术》，北京，燕山出版社，1993年，137页。

② 转引自孟乃昌：《道教与中国炼丹术》，北京，燕山出版社，1993年，177页。

方法,由此可见古代的炼丹术在我国历史文化中的重要作用。

孟乃昌先生认为,以上葛洪记载的第六种方法,即“或以三物炼之,引之如布,白如冰”,所制得的产物主要是单质砷。20世纪80年代,我国有多位学者按照葛洪的上述记载进行了模拟实验,其结果是:雄黄与硝石共炼,得到的产物是纯度为63.14%的氧化砷,如进一步加入玄胴肠(猪大肠)或松脂共炼,得到的产物就是单质砷;雄黄与玄胴肠共炼,得到的产物是纯度为97.92%的单质砷;雄黄与松脂共炼,得到的产物也是纯度为97.92%的单质砷。如果当时所用的硝石不是钾硝石而是钠硝石的话,所得到的产物也是单质砷。而从葛洪记载的“引之如布,白如冰”来看,应该是单质砷。^①而赵匡华等认为,以上各物共炼时,主要看起氧化作用的硝石的用量,硝石用量少时,生成单质砷;硝石用量多时容易产生爆炸,主要生成氧化砷。^②

在化学元素的发现史上,砷是继金、银、铜、铁、锡、铅、汞、硫、碳之后所发现的另一个重要元素。一般的化学史籍记载,砷是由13世纪日耳曼炼丹家马格努斯(A. Magnus)用雌黄和肥皂共同加热而制得单质砷。16世纪瑞士医生帕拉塞尔修斯(P. A. Paracelsus)将砷的硫化物与鸡蛋壳一起加热,制得了色白如银的单质砷。比较起来,公元4世纪葛洪在《抱朴子·内篇·仙药》中记载的单质砷制造方法,要比西方早900多年。

三 “金液丹”——黄金的微量溶解

由于黄金的化学性质十分稳定,既耐火烧,又能长期保持金色光泽,古人因此认为,服食黄金能够使人获得黄金的特性——恒久不变,长生不老。《抱朴子·内篇·仙药》中记载:

① 孟乃昌:《道教与中国炼丹术》,北京,燕山出版社,1993年,177页。

② 赵匡华等:《中国科学技术史·化学卷》,北京,科学出版社,1998年,437页。

草木延年而已，非长生之药可知也。

仙药之上者丹砂，次则黄金，次则白银，次则诸芝，次则五玉，次则云母，次则明珠……

《抱朴子·内篇·金丹》中记载：

夫金丹之为物，烧之愈久，变化愈妙。黄金入火，百炼不消，埋之，毕天不朽。服此二物，炼人身体，故能令人不老不死。此盖假求于外物以自坚固也。^①

可见，在葛洪等炼丹家们的眼中，黄金是仅次于丹砂的仙药。但是，直接食用黄金不仅不能长生，往往很快叫人送命，因此必须进行烧炼，制成所谓的“金液丹”才能服用。

《抱朴子·内篇·金丹》中记载：

金液，……合之，用古秤黄金一斤，并用玄明龙膏，太乙旬首中石，冰石，紫游女，玄水液，金化石，丹砂，封之成水。……但以置华池中，日数足便成矣。^②

据孟乃昌等先生的研究，葛洪的这一“金液丹”配方中用了一些隐语，其中：玄明龙膏，即汞（水银）；太乙旬首中石，即雄黄；冰石，又名戎盐，即食盐；紫游女，即黄矾，含有结晶水的硫酸铁；玄水液，即磁石；金化石，即钾硝石；丹砂，即硫化汞。以上各物放在一个盛有一定浓度醋酸的容器（即华池）中，一段时间后，“金液丹”就生成了。孟先生等进行模拟实验后认为：在古代条件

① 转引自石光等编著：《中国神秘文化研究丛书·古代炼丹术注评》，北京师范大学出版社，1992年，180页。

② 转引自孟乃昌：《道教与中国炼丹术》，北京，燕山出版社，1993年，159页。

下,以三价铁盐为氧化剂,又借氯络离子的生成,上述配方中黄金的溶解度可以达到 P. P. m 级,溶解后的黄金离子又被醋酸中某些物质还原,从而生成了“美丽的紫色胶态金溶液”。这种溶液当然会受到古代炼丹家们的高度赞赏。可见,公元 4 世纪的炼丹家们就制造出了我国历史上最早的黄金溶液。^①

第四节 阳燧、透光镜及铜镜制作中心

一 阳燧

火的应用在人类的发展史上占有十分重要的地位。早期的人们是不会人工取火的,主要是利用自然火,并保存火种。后来人们发明了钻木取火、用火镰打击取火等方法,人们用火才方便起来。商周时期,铜及其合金的大量应用,人们发明了用阳燧取火的方法。阳燧,就是用青铜制成的凹面镜。在太阳光下,阳燧镜面可以将反射的阳光聚焦,在焦点处放上易燃物质就能取火,十分方便。

我国考古发现的阳燧实物很少,据李东宛先生在《阳燧小考》一文中介绍:我国目前最早的发现是 1975 年在北京昌平西周中晚期墓中出土的两枚青铜制阳燧。^② 另外,在陕西扶风周原遗址中也出土有一面青铜制的阳燧,为凹面镜,直径为 8.8 厘米、厚 0.19 厘米,曲率半径为 20 厘米,表面生锈;该阳燧的复制品在强阳光下,最快只需要 2~3 秒钟即可点燃放在焦点处的易燃物。^③

宋代沈括《梦溪笔谈》卷三中记载:

① 孟乃昌:《道教与中国炼丹术》,北京,燕山出版社,1993 年,161 页。

② 李东宛:《阳燧小考》,载《自然科学史研究》,第 15 卷 4 期 1996 年。

③ 张金凤:《阳燧与取火》,载《中国文物报》,2000 年 9 月 17 日。

阳燧面洼，向日照之，光皆聚向内，离镜一二寸，光聚为一点，大如麻菽，著物则火发，此则腰鼓最细处也。

沈括所说的“离镜一二寸”处，就是阳燧反射太阳光时的焦点所在。

湖北省鄂州市博物馆收藏有一面六朝时期的阳燧，据鄂州市博物馆董亚巍先生告之，该枚阳燧的直径约8.7厘米、厚约5毫米，一面平整，一面凹下，凹下的深度约为2~3毫米。该阳燧20世纪50年代出土于鄂州市华容镇，因此，这件阳燧应是当时武昌（即现今的鄂州市，此前为鄂城县）的工匠在当地制造的。

李东琬先生指出：

阳燧是我国古代人们利用太阳能的一种生活用具，它虽然仅仅是一面简单的凹面铜镜，然而，能够用它来从日中取火，这里面却包含了许多科学原理，譬如，能量转化原理；在同一种物质中，光的直线传播原理；光线的反射规律；焦距与焦点问题，等等。因此，阳燧的发明创造是我国古代自然科学史上的杰出成就，为世界科学史写下了光辉的一页。^①

六朝时期的武昌能以生产阳燧，当然也一定在使用阳燧取火，从而表明当时生活在长江中游地区的人们，对于凹面镜的特性、光的有关性质等都有了更进一步的认识与了解。

二 透光镜

透光镜，是一种比较特殊的青铜镜。这种镜子的正面与一般青铜镜一样呈微凸的光滑表面，可以照见人面，其背面是铸造

① 李东琬：《阳燧小考》，载《自然科学史研究》，第15卷4期1996年。

成的各种花纹。不同的是,当将透光镜的正面对准太阳或其他光源时,其镜背面所铸造的花纹就会映射在镜面前方的墙面上,就像是光线透过了镜体,将镜背面的花纹映射出来一样,所以人们称其为透光镜。实际上,青铜铸成的镜体是不透光的。

宋代沈括《梦溪笔谈》卷一九中记载:

世有透光鉴,鉴背有铭文,凡二十字。字极古,莫能读。以鉴承日光,则背文及二十字皆透在屋壁上,了了分明。人有原其理,以为铸时薄处先冷,唯背文上差厚,后冷而铜缩多。文虽在背,而鉴面隐然有迹,所以于光中现。予观之,理诚如是。

这就是最早有关透光镜成因原理的论述。然而,铸造形成的镜面曲率差异在镜面的加工磨削过程中是会被磨去的,所以说沈括的这一说法是值得商榷的。

透光镜的秘密曾经引起中外学者的极大兴趣,进行过多年的研究。目前学术界比较一致的意见是:铜镜透光,是因为其镜面的曲率差异引起的。就是说,透光镜的正面虽然肉眼看起来是光滑如镜,实际上,其相对于镜背花纹处的地方要比相对于镜背没有花纹处的地方微微的下凹一点,下凹的镜面对光线的散射较少或产生汇聚,而不下凹的镜面对光线的散射较多,这样形成的反差就将镜背的花纹映射到墙面上。至于镜面的曲率差异是如何形成的,学术界尚无比较统一的认识。鄂州市博物馆文物复制研究所在长期的铜镜复制研究中发现,铜镜表面的曲率差异是由于其合金结构及磨削作用造成的,其原因为:

用来制造铜镜的是高锡青铜,高锡青铜的合金结构是由 α 固溶体与 $(\alpha + \delta)$ 共析体组成。由于铜镜背面花纹的存在,镜体各部的厚度不同,用陶范浇铸镜体时,高温青铜液在陶范内的凝固速度是不同的,镜体薄的部位其凝固速度快一些,在这些部位

中($\alpha + \delta$)共析体的含量比例相对多一些;镜体厚的部位其凝固速度慢一些,在这些部位中 α 固溶体的含量比例相对多一些。金相研究结果表明, δ 相的性质是又硬又脆,磨削加工难度大; α 相的机械性能相对好于 δ 相,磨削加工难度小一些。铜镜浇铸后,为了获得光滑的镜面,镜面的磨削量是很大的,有的甚至超过镜面厚度的一半,在磨削的过程中,镜体厚的部位的磨削量大于镜体薄的部位的磨削量,这样镜面就形成了曲率差异。当然,这种差异不仅肉眼看不出来,一般的仪器也不易测出。

三 三国、六朝时期的铜镜制造中心——武昌

阳燧、透光镜都是我国古代铜镜家族中比较特殊的品种,目前在全国各地发现的数量均比较少(如阳燧,目前全国发现的实物只有10多枚),然而在湖北省鄂州市博物馆内却均有收藏。该馆还收藏有汉代、六朝、隋唐时期的铜镜数百枚,其中三国至六朝时期的为最多,都是解放以来在鄂州进行的考古发掘中的出土文物,所以有人称鄂州为“铜镜之乡”。为什么在鄂州的范围内会出土如此众多的三国至六朝时期的铜镜呢?就是因为在这一时期内,鄂州曾经是当时的铜镜制造中心。

1. 东汉末年,以孙权为代表的东吴占据着长江以南的广大地区,据《三国志·吴志·孙权传》记载,孙权曾于魏黄初二年(221年)自公安迁鄂,并移都于此。传说因鄂地有山名武昌,孙权取“以武而昌”之意,改鄂为武昌。下辖武昌、下雒(今湖北省的阳新县辖地)、沙羡(今武汉市武昌)、阳新、柴桑(今江西省的九江)、浔阳(今湖北省的黄梅)六县。同年八月,孙权始建武昌城(鄂州市内至今还保留有一段孙权修建的土城墙及护城河),并从建业(现今的南京)移民千家到武昌。从此,鄂州不仅是郡的治所,也是东吴的国都所在,成为当时江南地区的政治文化中心。八年后,于黄龙元年(229年)四月,孙权在此称帝,建立起东

吴政权；同年九月，孙权迁都建业，但仍以大将军陆逊辅太子登，掌武昌留事。《三国志·吴志·孙皓传》记载：甘露元年（265年），孙皓又曾迁都武昌，次年十二月又还都建业，由卫将军滕牧留镇武昌。可见在东吴时期，鄂州有近10年的时间曾是东吴的国都所在，是当时江南地区的较大城市之一。由于时代的久远，有关史料的缺乏，东汉至六朝时期鄂州铜镜制造业的情况大都难以进行考证了，但是从考古发现的出土文物中仍可以找出一些粗略的线索。

（1）鄂州自古就临近铜矿产地，据考古调查，在鄂州的泽林、汀沮等地都有古代炼铜遗址，丰富的铜矿资源为东吴及六朝时期的铜镜制造业提供了有利的条件。

（2）俞伟超先生在《鄂城汉三国六朝铜镜》一书的序中指出：

鄂城铸镜业的兴盛，大约在黄初二年（221年）孙权迁都于此以后不久。有一面传出长沙的半圆方枚神兽镜，其铭为：“黄初二年，武昌元作明镜，官炼（三）章，乃而清明，吉羊”。那时，凡用铭文标明的铸镜地点，都是有名望的铸镜中心……这面黄初二年镜既标明是“武昌”所作，足证武昌镜必定也已负有盛名了。^①

（3）东吴时期，鄂州一带既有官营的铜器作坊，也有民间的铜器作坊，其中就包括铜镜作坊在内。管维良先生在《鄂城汉三国六朝铜镜》一书的概述中指出：

鄂城有官营铜器作坊，1977年8月在湖北钢厂发掘出了一件纪年异形铜釜，其肩部有铭文：“黄武元年作三千四百三十

^① 湖北省博物馆等：《鄂城汉三国六朝铜镜》，北京，文物出版社，1986年，2~3页。



八枚”、“武昌”、“官”。显然,当时吴国在此设有官营铜器作坊,从生产数量来看,这个官营作坊是有相当规模的。^①

1964年,在鄂州西山出土了两面龙虎镜,两面铜镜上带有基本相同的铭文:

李氏作镜四夷服,多贺国家人民息。

表明这两面铜镜都是由李氏作坊制造的。标明为“李氏作镜”,当然是民间的铸镜作坊,而且其作坊也理应在鄂州当地。除李氏外,鄂州出土铜镜铭文中反映出来的还有张氏、朱氏、范氏、荣氏、谢氏、鲍唐、鲍豫等十多位铸镜匠师。

有了丰富的原料来源,又有官办和民办的铜镜作坊,这两点促使当时鄂州的铜镜制造业达到了较高的水平。鄂州出土的铜镜中,不仅以三国六朝时期的为数最多,而且荟萃了当时铜镜的主要品种,如各种神兽镜、龙虎镜、画像镜等。

2. 从出土的铜镜实物上可以看出当时的制造技术是比较先进的,例如:

(1) 铜镜制造技术中的模与铸已经有了专业分工。我们知道,制造一件铜镜时,首先要做的事是制造一件镜模,也就是一件用泥土雕塑成的“铜镜”,又称之为原始模或母模。用母模翻制阴模,铸镜师在阴模上设置浇口并加刻自己的姓氏、制造日期及有关铭文,干燥后再翻制成阳模,用阳模制范,范经干燥焙烧后就可以用来浇铸铜镜了。鄂州市博物馆文物复制研究所的董亚巍先生对多件鄂州出土的三国六朝铜镜的考证后发现,在几件铜镜的镜铭上虽然明确标明了是不同铸镜师铸造的,但是这

^① 湖北省博物馆等:《鄂城汉三国六朝铜镜》,北京,文物出版社,1986年,10页。

几件铜镜镜背花纹的雕塑风格却又出自同一位工匠之手。这就表明,当时的多位铸镜师都是从同一位雕塑镜模的工匠处得到铜镜的母模后,翻制阴模并加刻有关铭文再铸成产品的。模与铸的专业分工,提高了镜模的质量与工艺,使得铜镜上的浮雕内容如鸟、兽、人物、神仙等雕塑得一丝不苟、造型准确、栩栩如生,较好地提高了铜镜的艺术水平。^①

(2)精选原材料。铜镜所用的原材料主要是铜、锡、铅三种金属,在出土的三国六朝时期的铜镜上,往往铸有关于精选原材料的铭文,如“盖惟顺货镜,变巧名工,破山来锡,仗石索铜,丹火炉冶,幽炼三商”、“汉有善铜出丹阳,和以银锡清照口”、“造成明镜,百炼青铜”、“造作明镜,百炼正铜”等。“幽炼三商”,幽,是幽静、安宁的意思;三商,指铜、锡、铅三种金属,所以“幽炼三商”是指安静用心地冶炼这三种金属,目的是为了达到好的产品。“善铜”,即是质量好的铜。“百炼青铜”、“百炼正铜”也是指质量好的铜,“百炼”是一种夸张用语,并不是真要炼一百次。质量好的铜,也就是比较纯净的金属铜,其杂质的含量少,铸造出的铜镜当然质量也好。

(3)引进人才,提高铸镜水平。三国六朝时期,铜镜制作中心除武昌外还有会稽(今浙江绍兴)和吴郡(今江苏吴县)。1956年,鄂州朱家埗21号墓出土铜镜上的铭文为:

黄武六年十一月丁巳朔七日丙辰,会稽山阴作师鲍唐镜,
照明服者也,宜子孙,阳遂,富贵老寿,臣先牛羊马,家在武昌,
思其少天下命吉服。

俞伟超先生指出:前面说“会稽山阴作师鲍唐镜”,后言“家在武

^① 董亚巍:《中国古代铜镜工艺技术研究》,鄂州图内字99第013号,114~119页。

昌”，显然是讲会稽山阴的作师在武昌铸镜。^①既然会稽的工匠在鄂州制镜，当然会将会稽的铸镜技术带到鄂州来的。

3. 铸镜技术的外传。

我们的邻国日本，在相当于我国汉、三国至六朝时期的古代墓葬中出土了多达 500 件左右的三角缘神兽镜。所谓三角缘就是指铜镜镜缘的横剖面呈三角形。这些数目众多的铜镜是在中国制造，然后运往日本的呢？或是日本工匠在当地制造的？或是中国的工匠在日本制造的呢？这一问题一直是中日两国学者进行研究的热门话题。

(1) 根据日本学者马渊久雄先生在《岛根县出土青铜器的原料产地的推定》一文中介绍，日本岛根县出土的铜镜中有几枚三角缘神兽镜，经过铅同位素测定的结果表明，这几枚神兽镜中的铅可能是来自华中或华南地区，它们可能与吴国有着某种联系。这一研究结果表明，当时长江中下游地区制造的铜镜已经运到了日本，或者是产自长江中下游地区的制镜原料已经运往日本，并在日本用来制造铜镜。无论是哪一种情况，都表明在三国六朝时期，长江中下游一带的铜镜制造技术已经传到了日本，并且对日本古代的铜镜制造技术产生了较大的影响。^②

(2) 董亚巍先生从铸镜技术的角度对此进行了研究，他发现：^③

①在我国南方多有出土、特别在鄂州出土较多的三国六朝时期的龙虎镜，大都是呈三角缘，与三角缘神兽镜相同。三角缘的优点之一是镜缘与镜模之间的夹角几乎成 45 度，铜镜浇铸后比较容易脱范。

① 湖北省博物馆等：《鄂城汉三国六朝铜镜》，北京，文物出版社，1986 年，2~6 页。

② 马渊久雄：《岛根县出土青铜器的原料产地的推定》，日本《文化财》，1985 年第 6 期。

③ 董亚巍：《试论中国铜镜与日本三角缘神兽镜的关系》，待刊稿。

②另外,日本出土的三角缘神兽镜多为直径20厘米以上的大镜,镜纽也比较大,体量较大的三角缘的存在对于浇铸时铜液的收缩补给十分有利,比较容易浇铸出合格的产品。

③铜镜上的纽孔是系镜带用的,目的是防止人手直接接触镜面而影响使用。日本三角缘神兽镜的纽孔方向往往不规范,有的纽孔朝向神、有的纽孔朝向兽、有的纽孔朝向图案的间隙,这一点与长江中下游地区出土的铜镜相似,而我国中原一带出土的同时期的铜镜纽孔的方向一般都是比较规范的。

鉴于以上原因等,董先生指出:在日本大量出土的三角缘神兽镜,应为中国吴地的工匠至日本后就地所铸制,但其原始母模的雕塑者,应为当地的日本人仿中国的吴镜所雕塑。当母模雕成之后,由中国工匠翻制成阴模后加以修整、刻铭后翻制阳模,然后翻范铸镜成为商品。^①

第五节 王充《论衡》的天文学思想

王充(27~约97年)是东汉前期一位勇敢战斗的唯物主义思想家,会稽上虞(今浙江上虞)人。

王充所处的两汉时期是一个神鬼充斥、迷信泛滥的时代:孔子以及历史上的君王都被神化成先知先觉的圣人,儒家经典被捧为神圣不可侵犯的教条,谶纬符命、天人感应观念笼罩着朝野上下……然而人类社会前进的步伐决定了任何歪理邪说都不可能一手遮天。当时,就有扬雄、桓谭等一些头脑清醒的唯物论思想家先后挺身而出,对得逞于一时的歪风邪气进行批判和抵制,王充则是他们中间的杰出代表。他高举“疾虚妄”、“归实诚”的旗帜,写出了惊世名著《论衡》。在这部著作中,他把圣人之言、

① 董亚巍:《试论中国铜镜与日本三角缘神兽镜的关系》,待刊稿。

经典文献、传统说教、世俗成见以及诸子百家统统摆出来,用人所共知的事实和常理加以审视、衡量,凡是违背事实、常理和思维逻辑的虚妄之言,皆毫不留情地予以驳斥和揭露。在《论衡》的《谈天》、《说日》以及其他一些篇章中,王充以辩论的方式展示了自己的天文学思想,这些思想同样闪烁着反对迷信邪说、追求自然真理的光芒。

一 天地本源和形态观

从商周时期起,直至两汉时期,历代统治者为了巩固自己的统治地位,都极力把上天神化成有意志的上帝,把自己神化成天帝统治人间的代理人——天子。西汉王朝的御用文人董仲舒(前179~前104年),就在《春秋繁露》一书中宣传,“天者,百神之大君也”,“莫神于天”。然而,随着实践经验的不断积累,一些善于思考、善于总结的人们逐渐认识到,天象的变化和地上万物的变化都是有一定规律的,天象变化与人间的灾异祸福之间并没有必然的因果关系;从而进一步认识到,天地万物是客观存在的自然之物,而不是什么上帝和神灵的化身。例如,战国到汉初的黄老学派就明确提出了“天道自然无为”的观点,并认为作为自然之物的天地万物都是由气构成的。

王充赞同黄老学派的无神论,他在《谴告篇》中指出:“夫天道,自然也,无为。……黄老之家论说天道,得其实矣。”但他同时感到,“道家论自然,不知引物事以推其言行,故自然说未见信也”^①,因而举实例对天的自然性质做了具体论证。他在《自然篇》中论曰:

何以知天之自然也?以天无口目也。案有为者,口目之类

^① 《论衡·自然篇》。

也。口欲食而目欲视,有嗜欲于内,发之于外,口目求之,得以
为利,欲之为也。今无口目之欲,于物无所求索,夫何为乎?

王充赞同天和地的本源是气的观点,同时认为其他万物都是天地之气的衍生物。如《谈天篇》说,“天地,含气之自然也”;《自然篇》说,“天地合气,万物自生,犹夫妇合气,子自生矣”,“天覆于上,地偃于下,下气蒸上,上气降下,万物自生其中矣”。

既然如此,那么,由气构成的天究竟是气态的,还是如同大地一样的固体?当时的天文学界对这个问题的看法是不一致的。在当时流行的盖天、浑天、宣夜三大天地结构学说中,宣夜说认为天是气态的虚空,盖天说和浑天说则认为天是固态的硬壳。若以天文现象的实际看,盖天说和浑天说的认识比较能为一般人所接受,宣夜说的认识则较难被人们所理解。因为,如果依据宣夜说有关“日月众星自然浮生虚空之中”^①的说法,千千万万颗恒星就应该如同日月五星那样,以不同速度、朝不同方向运行。而实际情况是,所有恒星的相对位置均长期固定不变,并且围绕北天极做同步周日旋转。这种现象只有认为天是固体,而众恒星都固定镶嵌在天体上,才能合理解释。所以,在这个问题上,王充赞同天为固体的观点。如,《变虚篇》云:“夫天,体也,与地无异。”《道虚篇》云:“天之地,皆体也。”《谈天篇》云:“如实论之,天,体,非气也。”特别是《祀义篇》指出,恒星固定在天体上,就像房屋固定在大地上一样:“夫天者,体也,与地同。天有列宿,地有宅舍。宅舍附地之体,列宿着天之形。”王充认为,正因为天是固体物,天文学家们才能具体测得天与地的距离是六万里,一周天有三百六十五度。他在《谈天篇》中质问道,如果把天视为气态,“气如云烟,安得里度”?因此,他断言,“天有形体,

① 《晋书·天文志上》。

所据不虚”。

二 天地结构模式观

既然认为天是有形质的固体物,那么,天和地究竟是一种什么样的结构模式呢?王充在《说日篇》中论述了自己的观点。

首先,王充否定了天可以旋入地面之下的浑天说。因为,当时的浑天家认为:“天北际下地中,日随天而入地,地密障隐,故人不见。”王充质问道,天怎么会转到地面之下呢?难道是因为北方的地势比较低下?如果是这样,现往地下挖掘一丈深,就会见到水,天又怎么能出入水中呢?另外,如果说北方地势低下,那么,所有的河流就应该向北流,而不应该向东流。关于这些问题,当时的浑天家还不能作出合理解释。所以,王充的结论是:“实者,天不在地中,日亦不随天隐。”

不过,王充也不赞同倚盖式的盖天说。该学说的观点是:

天高南方,下北方。日出高,故见;入下,故不见。天之居若倚盖矣,故极在人之北。……极,其天下之中,今在人北,其若倚盖。

王充认为,倚盖说不能成立。理由是:“盖倚于地不能运”,“触碍,何以能行”?天盖只有“立而树之,然后能转”。由于天是运转的,证明“其北际不著地”。王充的结论是:“由此言之,天不若倚盖之状,日之出入不随天高下,明矣。”

还有一种盖天说认为,天地都是拱形的。据《晋书·天文志》记载,该说的基本观点是:“天似盖笠,地法覆盘,天地各中高外下。”王充也不同意这种观点。他对天地结构的认识属于平天式盖天说,即认为天地都是平的,“天平正与地无异”,天是一个覆盖在大地之上、与大地平行的平面。至于太阳出入地面、天如

同一个中高旁低倒扣着的盆子、天在远处与大地会合等现象，王充认为都是因距离远而造成的视觉假象。对此，他列举了许多人都有过的一些经验体会作为依据：

“人望不过十里，天地合矣，远，非合也。今视日入，非入也，亦远也。”“临大泽之滨，望四边之际与天属（属，相连也）。其实不属，远若属矣。日以远为入，泽以远为属，其实一也。泽际有陆，人望而不见。陆在，察之若亡；日亦在，视之若入，皆远之故也。太山之高，参天入云，去之百里，不见垠块。夫去百里，不见太山，况日去人以万里数乎！”“试使一人把大炬火，夜行于道，平易无险，去人十里，火光灭矣。非灭也，远也。今日西转不复见者，非入也。”

针对倚盖说关于“天高南方，下北方”的说法，王充反驳道，如果“天高南方，南方之星亦当高。今视南方之星低下，天复低南方乎”？王充认为，“夫视天之居，近者则高，远则下焉”；天“平正，四方中央高下皆同。今望天之四边若下者，非也，远也。非徒下，若合矣”。王充所列举的这些论据，在当时都是很有说服力的。

三 日月出没观

根据平天观，王充对日月的出没现象作出了自己的解释。他在《说日篇》中指出，“日之出，近也；其入，远，不复见，故谓之入。运见于东方，近，故谓之出”；“今视日入，非入也，亦远也”。王充还认为，在同一时刻，世界上不同地区所见的日月出没情况是不同的：“当日入西方之时，其下民亦将谓之日中”。这种见解，在王充之前的西汉《周髀算经》中已有论述：

日运行处极北,北方日中,南方夜半;日在极东,东方日中,西方夜半;日在极南,南方日中,北方夜半;日在极西,西方日中,东方夜半。凡此四方者,天地四极四和。昼夜易处,加四时相及。

文中的“极”是指北天极;所谓“极北”、“极东”、“极南”、“极西”,分别是指天极以北、以东、以南、以西四方。现代科学早已证实,王充和《周髀算经》的昼夜易处观是符合实际的。然而,浑天说却认识不到这一点,因为它认为全世界都位于地平面之上,当日出地面时,全世界同为白昼;日入地下时,全世界则同为黑夜,不可能存在“昼夜易处”现象。

另外,在两汉时期还流行着一种说法,认为太阳每天都是“东出扶桑,西入细柳”。对于这种说法,王充首先指出了它显而易见的破绽:太阳只有当每年二月和八月的春分、秋分时,才可能“出正东”、“入正西”;在夏季昼长夜短时,太阳是“出于东北”、“入于西北”;而在冬季昼短夜长时,太阳则是“出于东南”、“入于西南”。冬季和夏季,太阳出入在天的四角,怎么能说是出入扶桑和细柳呢?接着,王充根据“昼夜易处”观指出,太阳根本没有在扶桑和细柳两地出入地面。他说:

如实论之,日不出于扶桑,入于细柳。何以验之?日随天而转,近则见,远则不见。当在扶桑、细柳之时,从扶桑、细柳之民,谓之日中。日中之时,从扶桑、细柳察之,或时为日出入。皆以其上者为中,旁者为旦夕,安得出于扶桑,入细柳?

王充用距离的远近解释日月的出没原因虽然能够自圆其说,但日月出没时却呈现出一种不同于一般事物的特征:一般事物都是距离远时显得小,距离近时显得大;而日月在东西方地平

线上出没时的距离若是比中天时远,看起来却反而比中天时大。对于这一现象,王充的解释是:

然则日中时日小,其出入时大者,日中光明,故小;其出入时光暗,故大。犹昼日察火,光小;夜察之,火光大也。既以火为效,又以星为验。昼日星不见者,光耀灭之也;夜无光耀,星乃见。夫日月,星之类也。平旦、日入光销,故视大也。

王充的这一认识还被其后的学者张衡所继承。张衡《灵宪》说:

日之薄地,其明也,由暗视明,明无所屈,是以望之若大;方于中天,天地同明,由明瞻暗,暗还自夺,故望之若小。火当夜而扬光,在昼则不明也。月之于夜,与日同而差微^①。

王充和张衡的见解,现代光学称之为“光渗作用”。不过,利用“光渗作用”虽然可以解释太阳的大小问题,却并不能解释月亮的大小问题。因为,在农历十三前后,月亮东升时,天色还是亮的,月到天顶时,已是深夜,根据光渗原理,月在天顶时应该显得大一些,在初升时应该显得小一些,但是,实际情况却正好相反,月亮东升时仍显得较大,到天顶时,虽然在黑夜的“光渗作用”下,月亮却显得较小。王充在论述中没有具体论及月亮,张衡的“月之于夜,与日同而差微”的说法也不准确。他们大概都不会是无意的疏忽,因为直到今天,科学工作者们仍在对这个问题进行探讨^②。

针对王充关于日月出入的远近说,晋代持浑天观的科学家

① 引自《后汉书·天文志上》刘昭注。

② 竺可桢:《中秋月》,见《竺可桢科普创作选集》134页,北京,科学普及出版社,1981年。

葛洪曾经提出了异议。为此,葛洪也列举了一些自然现象为依据,其中较为有说服力的一条就是,如果太阳西没如王充所说是远逝而不是下入地面,那么,太阳的消失就应该表现为“竖破镜”现象,而不应表现为“横破镜”现象^①。

综上所述,由于无论是盖天说还是浑天说,都把大地看作静止的平面,没有认识到大地是运动的球体;都认为日月的周日视运动是日月的真实运动,而没有认识到这种运动实际上是地球自转的反映,这就决定了两种学说在解释日月出入以及其他天文问题上都具有许多合乎常理、常识的地方,也存在不少有懈可击的破绽,都难以做到完美无缺。

四 日月附天运行观

由于对天的形态的认识不同,宣夜、盖天、浑天三种学说关于日月运行与天的关系的认识也不相同。据《晋书·天文志》记载,宣夜说的看法是:

日月众星,自然浮生虚空之中。……是以七曜或逝或住,或顺或逆,伏见无常,进退不同,由乎无所根系,故各异也。……摄提(木星)、填星(土星)皆东行,日行一度,月行十三度,迟疾任情,其无所系着可知矣。若缀附天体,不得尔也。

盖天说的看法是:

天旁转如推磨而左行,日月右行,随天左转,故日月实东行,而天牵之以西没。譬之于蚁行磨石之上,磨左旋而蚁右去,磨疾而蚁迟,故不得不随磨以左回焉。

^① 见《晋书·天文志上》。

王充由于在天地结构观上持平天式的盖天说,因而在日月运行与天的关系问题上坚持盖天说的观点,反对宣夜说的观点。针对宣夜说关于“日月之行,不系于天,各自旋转”的说法,王充在《说日篇》中反驳道:

使日月自行,不系于天,日行一度,月行十三度,当日月出时,当进而东旋,何还始西转?系于天,随天四时转行也。其喻若蚁行于堦上,日月行迟,天行疾,天持日月转,故日月实东行,而反西旋也。

文中的“堦”,即磨石,全文的大意与《晋书·天文志》所记盖天说的观点完全相同。王充还进一步论述道:

日月之行也,系着于天也。日月附天而行,不直自行也。……附天所行,若人附地而圆行,其取喻若蚁行于堦上焉。

有人问:“何知[日月]不离天直自行也?”王充的回答是:

如日能直自行,当自东行,无为随天而西转也。月行与日同,亦皆附天。何以验之?验之以云,云不附天,常止于所处。使日不附天,亦当自止其处。由此言之,日行附天,明矣。

虽然王充当时还没有现代科学的“天空”、“太空”等概念,但他已经明确认识到云彩与日月运行处所的区别。这种认识与现代科学关于天空和太空的划分是相当一致的。

浑天说由于同盖天说一样认为天是固体的,所以在日月运行与天的关系问题上,也认为日月是附天而行的。不同的是,盖天说

认为日月只是在地面之上的天盖上运行,而浑天说则认为日月会随天球一起旋转到地面之下。另外,比王充稍晚的浑天家张衡,曾根据日月五星运动速度的不同,在其著《灵宪》中提出,日月五星并非完全沿着天球壳的内壁运行,而是分别与天球壳有不同的距离,“近天则迟,远天则速”。可惜的是,王充和张衡的这一科学认识在当时以及后世并未受到人们的重视,以至盖天说与浑天说在后来的长期争论中,未再涉及和发展这一认识。

五 日食、月食观

在王充之前,人们对于日食是由月亮对太阳的遮掩而引起已经有所认识。如西汉刘向在《五经通义》中说:“日蚀者,月往蔽之。”^①王充在《说日篇》中也引述了这种认识:“日食者,月掩之也;日在上,月在下,障于月之形也。”不过,对于太阳为什么会被月亮掩食,特别是月食又是如何生成的等问题,当时人们还未能作出合理的解释。在这种情况下,王充通过自己对日食现象的观察和独立思考,提出了与众不同的日食、月食观。

关于太阳为什么会被月亮掩食的问题,有人解释道:“日蚀之变,阳弱阴强也。”王充认为,此话没有道理。他说:“人物在世,气力劲强,乃能乘凌。案月晦光既,朔则如尽,微弱甚矣,安得胜日?”王充这是用弱肉强食的一般道理进行反驳。不过,具体到日月关系和月相变化问题上,王充的理由并不适用。因为,第一,月相的圆缺并不等于月亮的阴性有了强弱变化。例如,十五月圆时会引发海水大潮,初一月朔时同样会使海水大潮。第二,遮掩作用并不一定需要以强掩弱来实现。例如,“一叶障目,不见泰山”,弱小的叶片即可遮掩强大的泰山。

至于月食现象,如今我们知道,它是农历十五当日月分别位

^① [唐]《开元占经》卷九引。

于地球两侧、日月的黄经差等于 180° 时,圆月进入地球遮挡日光所形成的阴影中产生的。由于盖天说认为日月都是在地面之上运动,不相信月亮会进入大地遮挡日光所形成的阴影之中,因而无法对月食的成因作出解释。另外,在王充之前,浑天说的出现虽然已为合理解释月食成因创造了条件,但当时的浑天家们似乎还未来得及做好这项工作,未能提出月食是由地影遮掩而成的解释。正因为如此,王充从盖天说的立场出发,认为月食没有“蚀之者”,进而推论日食也没有遮蔽者。他还根据万物都是由气构成的自然物的基本认识,认为日食和月食都是由构成日月的气按一定周期所发生的自然变化。他说:

日蚀谓月蚀之,月谁蚀之者?无蚀月也,月自损也。以月论日,亦知日蚀,光自损也。大率四十一二月,日一食;百八十日,月一蚀。蚀之皆有时,非时为变;及其为变,气自然也。

王充的结论是:“日有蚀之者,未必月也”,“月掩日光,非也”。

导致王充这种不正确认识的原因,还来自他不够完全的观测实践。他说:

何以验之?使日月合,月掩日光,其初食崖当与且复时易处。假令日在东,月在西,月之行疾,东及日,掩日崖,须臾过日而东,西崖初掩之处光当复,东崖未掩者当复食。今察日之食,西崖光缺;其复也,西崖光复,过掩东崖复西崖。谓之合彘相掩障,如何?

这就是说,如果日食是月掩日光,就应当从东向西掩过去,先掩太阳西边缘;当西边缘恢复光亮时,东边缘应当被掩食。但王充观察到的情况并非如此,而是太阳西边缘恢复光亮时,东边缘却

未接着被掩食。

如果王充所言属实,那么,他所见到的日食现象很可能不是日全食,而是日环食或者日偏食。这两种日食都会导致太阳东边缘还没有被掩食时,西边缘就已经恢复亮光的现象发生。如果王充观看到日全食发生的全过程,他是不可能提出上述异议的。

王充虽然未能正确认识日月食的成因,但他肯定日月食都是有规律的自然现象,与人间政治无关,则是完全正确的。他在《治期篇》中指出:

在天之变,日月薄蚀,四十二月日一食,五至^①六月月亦一食。食有常数,不在政治。百变千灾,皆同一状,未必人君政教所致。

在王充之后不久,东汉大科学家张衡终于在浑天思想的指导下,对月食生成原因作出了正确的解释。有关情况,详见本章第六节《张衡的天文学成就》。

六 日月不圆论

太阳和月亮的轮廓都是圆形的,这是人们有目共睹的现象。近代天文学也已经证实,太阳和月亮都是圆球形的天体。然而,王充根据自然物的表象与实际往往存在差异这样一种认识,经过独立思考,提出了一个与众不同的观点。他认为,看似圆形的日月,在实际上可能并不是圆形的;圆形只不过是人们的一种视觉假象。他在《说日篇》中说:

夫日月不圆,视若圆者,去人远也。何以验之?夫日者,火

^① 至,原作“十”。《说日篇》云:“百八十日,月一蚀”,据改。

之精也；月者，水之精也。在地，水火不圆；在天，水火何故独圆？日月在天犹五星，五星犹列星，列星不圆，光耀若圆，去人远也。何以明之？春秋之时，星陨宋都，就而视之，石也，不圆。以星不圆，知日月五星亦不圆也。

太阳由火气之精构成，月亮由水气之精构成，这是汉代人们的普遍认识。西汉《淮南子·天文训》就说：“积阳之热气生火，火气之精者为日；积阴之寒气生水，水气之精者为月”。汉人的这种认识，是有具体实验为依据的。因为，白天用凹面镜似的青铜器“阳燧”对准太阳，即可在其聚焦处点着可燃物；而夜间用大蚌蛤（方诸）的凹面对准月亮，凹面中就会有露水流出。这两项实验使王充也相信，太阳是天火，月亮是天水。不过，作为一个勤于思考的学者，王充没有停留在一般认识的水平上，而是进行了由此及彼的探讨：既然地上的水火都不是圆形的，日月作为天上的水火，难道会是圆的吗？另外，同为天体，日月和星宿的形状看起来都是圆的；但观看星宿坠地后的陨石，其实际形状并不是圆形。根据这一事实，王充推断，日月五星的真实形状都不是圆的；它们之所以看起来呈圆形，只不过是“去人远”所形成的假象。

王充所谓“日月不圆”的观点显然是错误的。他所提出的理由，其后不久就有人指出了它的不足。例如，他根据地上水火不圆，推断日月不圆。晋代葛洪反驳道：

若水火是日月所生，则亦何得尽如日月之圆乎？今火出于阳燧，阳燧圆而火不圆也；水出于方诸，方诸方而水不方也。^①

又如，他认为日月不圆，远视则圆。葛洪反驳道，月相亏缺和日

① 见《晋书·天文志上》。

食发生时,它们与人的距离还是那么远,为什么看起来又不圆了呢?^①宋代沈括在《梦溪笔谈》卷七中对日月的形状作了较充分的论证:

日月之形如丸,何以知之?以月盈亏可验也。月本无光,犹银丸,日耀之,乃光耳。光之初生,日在其傍,故光侧,而所见才如钩。日渐远,则斜照,而光稍满。如一弹丸,以粉涂其半,侧视之,则粉处如钩;对视之,则正圆。此有以知其如丸也。

限于历史条件,有些问题是古人无法真正了解的,但今天的科学已有了明确认识。如,火热的太阳与地上的火完全不是一回事,而月亮则是一个至今还未发现水分子存在的固体星球。又如,日月五星和列星(恒星),与陨星并不属于同一类星体,前者都是巨大的圆球形的天体,而陨星在坠地之前则都是太空中一些形状不规则的石块。

虽然王充的日月不圆观点不正确,但他勤于思考,勇于探索,力图透过现象了解事物本质的精神,对于科学发现和科学进步来说,却是必不可少的。

七 其他唯物自然观

除了探讨了天文方面的问题以外,王充根据自己的实际观察和唯物思考,还就其他一些自然现象同天人感应的迷信观念进行论辩,提出了合乎科学的独到见解。

针对董仲舒所谓“土龙致雨”的迷信宣传,王充考察了云雨的生成过程后,在《说日篇》中指出,“雨露,冻凝者,皆由地发,不从天降也”,“初出为云,云繁为雨”,即认为雨不是天上固有的,

^① 见《晋书·天文志上》。

而是由地气上升为云,云气遇冷“冻凝”而成,从而科学地解释了降雨的自然机制。既然云雨是有规律可循的自然现象,那么,一些向天乞求降雨或止雨的举动就只能是无用的蠢事。另外,王充还正确地指出,云、雾、霜、露、雨、雪等,只是大气中的水在不同气温条件下的不同表现形式,没有什么神秘可言。

对于雷电是什么“天怒”的表现,雷电击杀人是什么“上天”惩罚有罪之人等说法,王充在《雷虚篇》中给予了有力的驳斥。他认为,雷鸣电闪是由“太阳之激气”同云雨一类阴气“分争激射”所引起,只是一种自然现象,决不是什么“天怒”。这是王充从自然界本身寻找雷电成因的一种直观、朴素的猜测。据此,王充还指出雷电发生具有明显的季节性:“正月阳动,故正月始雷;五月阳盛,故五月雷迅;秋冬阳衰,故秋冬雷潜”,从而否定了所谓“盛夏之雷为天大怒,正月之雷为天小怒”的无稽之谈。王充还用“雷者,火也”,“人在木下屋间,偶中而死矣”,说明雷电击杀人只是一种偶然发生的自然现象。

关于钱塘江潮汐涨落的原因,当时民间最流行的说法是:伍子胥被吴王错杀抛尸江中,其冤魂因发怒而掀涛作浪。王充通过认真的实地考察,发现钱塘大潮在时间上与月相的变化密切相关。因此,他在《书虚篇》中明确指出:“涛之起也,随月盛衰,大小、满损不齐同。”他还注意到河道“殆小浅狭,水激沸起”现象,认为这也是钱塘涌潮产生的原因之一。王充的这些认识,同近代潮汐学理论十分吻合。他是我国古代对钱塘潮提出科学解释的第一人。

第六节 张衡的天文学成就

张衡(78~139年),字平子,是东汉时期一位多才多艺的大科学家。他的家乡南阳郡西鄂县(今河南南阳),位于长江最大

支流——汉水的上游。张衡出身于名门望族,自幼天资聪明,勤奋好学。据《后汉书·张衡传》记载,“衡少善属文,游于三辅,因入京师,观太学,遂通五经,贯六艺”。他虽然“才高于世”,但却淡薄功名。为了潜心做学问,他曾多次谢绝地方官府的招聘和荐举。不过,张衡的名声后来还是引起了汉安帝的注意。永初五年(111年),33岁的张衡被征召进京城洛阳任职,元初二年(115年)便被任命为主管“天时、星、历”的太史令。张衡担任太史令达14年之久,一生中花在天文学研究上的时间最长,所取得的成就也最大。他在中国天文学发展史上占有相当重要的地位,也是世界古代著名的天文学家之一。

下面,就从天地结构观、天地和星体生成观、宇宙无限观、五星运动观、月食观、恒星观测、天文仪器制作、黄赤道经度换算、历法工作等方面,介绍一下张衡的天文学思想和天文学成就。

一 天地结构观

在对天地结构的认识上,张衡倡导和发展了先进的浑天学说。

我国古代关于天地结构的学说主要有三个:盖天说、宣夜说和浑天说。宣夜说可能创始于战国中期的齐国稷下道家^①,该学说虽然正确地指出天是一个高远无极的虚空,但因它把日月星辰的运动说成是“伏见无常”、“迟疾任情”,不能解释它们的规律,因而得不到天文工作者的认可,其有关文献很早就失传了。盖天说有两个主要支派,按《晋书·天文志》的说法,一派叫做“周髀”,其基本观点是:“天似盖笠,地法覆盘,天地各中高外下”;另一派叫做“周髀家”,其基本观点是:“天圆如张盖,地方如棋局,天形南高而北下”。两派都认为天是覆盖在大地之上的拱形圆盖,但对大地形状的认识差别较大。由于盖天说认为恒星

^① 王胜利:《宣夜说与稷下道家》,载《大自然探索》,1997年第2期。

都附着在天盖上,以北极为中心随天盖作同步周日运动,日月五星则以不同速度在恒星间穿行,从而较好地解释了七曜与恒星的共同运动和相对运动,因而在先秦、秦汉时期长期居于主导地位。不过,盖天说也存在明显的不足,即不能令人信服地解释太阳东升西落地出入地平线的现象。如,该学说或者认为,太阳的出没与日光的照射限度(也就是人的视觉限度)有关,人与太阳的距离超出了日照限度,人们就见不到太阳了^①;或者用阴气对日光的遮蔽作用来解释,认为地面的阴气重,太阳进入浓重的地面阴气以后,就会消失^②。

在这种情况下,浑天说便应运而生了。由于浑天说认为天是包裹在大地之外的圆球,可以旋转到地面以下,所以它不仅能像盖天说那样较好地解释恒星及七曜在天空的各种视运动,也能较合理、较直观地解释它们的出入地平现象。因此,浑天说后来居上,逐渐为广大天文工作者所认可。浑天说可能是由西汉武帝时期的巴郡阆中(今四川阆中)籍民间天文学家落下闳(生卒年不详)所创立。因为,西汉学者扬雄(前53~18年)著《法言·重黎》云:“或问浑天,曰落下闳营之。”在古代谈及“浑天”的可靠资料中,这条记载是最早的。扬雄是蜀郡成都(今四川成都)人,他本来相信盖天说,后被持浑天说的朋友桓谭说服,改信浑天说,并且提出“难盖天八事”^③来批驳盖天说,宣传浑天说。不过,在现存的传世文献中,均未留下落下闳、扬雄和桓谭等人对浑天说的正面具体论述。

张衡的《灵宪》一文可说是现存具体论述浑天说的最早史料,它见于梁代刘昭对《后汉书·天文志》的注引。《灵宪》关于天地结构的基本看法是:“天成于外,地定于内。天体于阳,故圆

① 见《周髀算经》卷上。

② 见《晋书·天文志上》。

③ 见《隋书·天文志上》。

以动,地体于阴,故平以静”;天是一个东西略长于南北的椭球,地则是一个处于天球下半部的半球,“八极之维,径二亿三万三千三百里,南北则短减千里,东西则广增千里。自地至天,半于八极,则地之深亦如之”;旋转的天球有南北两极,“其可睹,枢星是也,谓之北极。在南者不著,故圣人弗之名焉”。由于同“周髀家”一样认为大地表面是平直的,张衡也相信八尺表杆的日中影长具有“南北移千里而差一寸”的变化规律。这一错误认识,直到唐代才由僧一行(683~727年)在实测的基础上予以纠正。

张衡之后的一些浑天家曾用鸡卵比喻天地结构:

天如鸡子,地如鸡中黄,孤居于天内,天大而地小。天表里有水,天地各乘气而立,载水而行,周天三百六十五度四分度之一,又中分之,则半覆地上,半绕地下,故二十八宿半见半隐,天转如车毂之运也。^①

按此说法,大地似乎是一个比天小许多的球体,与《灵宪》关于大地形状大小的认识有明显区别。其实,在欧洲的大地球形说于明清时传入之前,地平观在我国一直占据主导地位,没有出现对大地球形观的进一步论述。因此,用鸡卵比喻天地结构,论者可能只是为了说明天包地外的位置关系,并没有大地为球形的明确认识。

二 天地生成观和星体生成观

在天地生成问题上,张衡接受了老子的道家哲学思想,反对神创论,主张天地是从混沌中逐渐演化出来的。在《灵宪》一文中,张衡把天地的生成过程分为三个阶段。最初是建立道根的

^① 引自《晋书·天文志上》。

溟滓阶段。这个阶段是一片寂静,什么也见不到,“幽清玄静,寂漠冥默,不可为象,厥中惟虚,厥外惟无”。接着是形成道干的庞鸿阶段。这个阶段“自无生有”,萌发了分不清颜色、形象和运动速度的浑沌:“萌而未兆,并气同色,浑沌不分”,“其气体固未可得而形,其迟速固未可得而纪也”。最后是生成道实的太元阶段。这个阶段由元气变化出了天地万物:“于是元气剖判,刚柔始分,清浊异位。天成于外,地定于内,“堙郁构精,时育庶类”,“在天成象,在地成形”,“情性万殊,旁通感薄,自然相生,莫之能纪”。

在张衡之前,西汉著作《淮南子·天文训》也曾借助道家学说论述过天地的生成过程。与《灵宪》不同的是,《淮南子》在天地结构问题上持盖天观,所以它认为,元气在化分出清浊之后,由“清阳者薄靡”而成的天在上,由“重浊者凝滞”而成的地在下。

《灵宪》对星体的生成也有独到的见解。在张衡之前,人们对流星坠地为陨石的现象已经熟悉。如,《史记·天官书》云:“星坠至地,则石也”。张衡相信这一点,所以《灵宪》也说:“奔星之所坠,至地则石也。”既然星体都是发光的石头,它们是如何生成的呢?张衡之前的道家学者,曾根据“气生天地万物”的思想进行过解释。战国中期的齐国稷下道家认为,星是由物的精气生成,如《管子·内业》云:“凡物之精,此则为生,下生五谷,上为列星,……是故名气。”西汉《淮南子·天文训》认为,星是由日月的淫气生成:“火气之精为日,……水气之精为月。日月之淫气,精者为星辰。”张衡因为坠地的陨星都是石头,而山岳正是石头最多的地方,因而认为星是由山岳的精气生成:“地有山岳,以宣其气,精种为星。星也者,体生于地,精成于天。”根据道家的精气说,张衡还对星陨原因进行了解释,认为星既然是由精气生成,精气一旦丧失,星就会衰落坠地:“夫三光同形,有似珠玉,神守精存,丽其职而宣其明;及其衰,神歇精散,于是乎有陨星。”在

当时条件下,尽管张衡还不可能科学地解释星体的生成和陨星的成因,但他认为每个星体(包括日月)都有从生成到衰亡的发展过程,这一思想却是完全合乎自然辩证法的。

三 宇宙无限观

在宇宙范围是有限还是无限的问题上,张衡持明确的宇宙无限观。

相传在战国时期,秦相商鞅的门客尸佼(约前390~约前330年)就在其言论集《尸子》中为“宇宙”二字下了定义:“上下四方曰宇,往古来今曰宙。”这就是说,宇就是空间,宙就是时间。自此,在中国古代,“宇”和“宙”一直是联系在一起,相提并论的。这和西方古代使两者相互独立的情况完全不同。与尸佼同时代的楚国道家学者庄子,在天地结构问题上持“天圆地方”观。他虽然认为天和地所围成的空间范围“六合”是有限的,但他同时认为宇宙的范围是无限的。《庄子·庚桑楚》曰:“有实而无乎处者,宇也;有长而无本剝者,宙也。”这是说,宇的范围是没有界限的;宙的延伸是没有始终的。在这个问题上,古人的看法并不一致。西汉学者扬雄就认为,空间是有界限的,时间是有起点的。其著《太玄·玄摛》曰:“阖天谓之宇,辟宇谓之宙。”张衡曾经长期研究扬雄的《太玄经》,受影响很深,但在宇宙的范围问题上却不肯因循扬雄。他认为,天地的范围是有限的;但超出了天地这个范围,则是人们所未认识的无限宇宙:“过此而往者,未之或知也。未之或知者,宇宙之谓也。宇之表无极,宙之端无穷。”这是张衡在浑天学说中对庄子宇宙无限论的继承和发展。

四 五星运动观

在《灵宪》中,张衡对日月五星的运动提出了许多不同于前人的新认识。他说:

文曜丽乎天，其动者七，日月五星是也，周旋右回。天道者，贵顺也。近天则迟，远天则速。行则屈，屈则留回，留回则逆，逆则迟，迫于天也。行迟者亲于东，亲于东属阳；行速者亲于西，亲于西属阴。日与月，此配合也。摄提、荧惑、地候见晨，附于日也。太白、辰星见昏，附于月也。二阴三阳，参天两地。

在这段论述中，张衡首先认为，日月五星都不在天球球壳上运动，而是分别与天球有一定距离，有的距天远，有的距天近；距天的远近，可用它们运行的速度加以判断：“近天则迟，远天则速”。在张衡之前，从来无人提出过这种看法。据《晋书·天文志》记载，张衡之前的“周髀家”关于日月运动的说法是：

天旁转如推磨而左行，日月右行，随天左转，故日月实东行，而天牵之以西没。譬之于蚁行磨石之上，磨左旋而蚁右去，磨疾而蚁迟，故不得不随磨以左回焉。

这是认为，太阳和月亮都在天盖上运行，没有离开天盖。这种解释显然不如张衡的解释符合实际。

第二，张衡认为，五星运动的快慢以及顺、逆、留等不同运动形态的产生都是“迫于天也”，即是由天的力量决定的。这实际是在为解释行星的复杂运动寻找力学原因。在张衡之前，“宣夜说”曾经提出过气是天体运动原动力的观点。如，《晋书·天文志》记“宣夜说”云：“日月众星自然浮生虚空之中，其行其止皆须气焉。”在今天看来，他们的认识虽然都不正确，但他们所做出的努力却是十分可贵的。在西方，直到一千多年后的公元16世纪，这种对天体运动力学原因的探讨才开始在科学革命的过程中被提出来。

第三,《灵宪》根据五星运动的快慢和离天的远近,把它们分为两类:一类附于日,属阳,包括摄提(木星)、荧惑(火星)、地候(土星);另一类附于月,属阴,包括太白(金星)、辰星(水星)。这种分类很有意思,它恰好与近代文学关于太阳系中外行星与内行星的分类相吻合。由于所有行星实际上都是围绕太阳旋转的,而月亮则是围绕地球旋转的,所以,“附于月”的说法是不正确的。张衡之所以如此分类,是因为两汉时期的人们普遍相信月亮是阴的代表。另外,金、水两内行星的视运动也与外行星有所不同,即外行星只能从晨出东方开始一个会合周期的运动;而内行星在一个会合周期内则不仅可以晨出东方,也可以像月亮一样昏出西方,这种相似性也是《灵宪》提出金、水两星“附于月”的原因之一。

五 月食观

在张衡之前,人们已对日食的原因有所认识。西汉沛(今江苏沛县)籍学者刘向(前77~前6年)就曾说过,“日蚀者,月往蔽之”。^① 东汉王充在《论衡·说日篇》中引述过一种更明确的说法:“或说,日食者,月掩之也。日在上,月在下,障于月之形也。”但对于月食原因,则在张衡之前未见有明确的解释。大概正因为如此,张衡在《灵宪》中就未再论及日食原因,而只是对月食原因进行了讨论。他说:

月光生于日之所照,魄生于日之所蔽,当日则光盈,就日则光尽也。……当日之冲,光常不合者,蔽于地也。是谓暗虚。在星星微,月过则食。

^① [唐]《开元占经》卷九引。

这段话首先论述了月相变化的原因,即月亮本身不发光,月光是由日光照射而生;月相之所以会发生亏缺,是因为月亮有一部分不能被日光照射到了。这样,当月亮正和太阳相对时,月相就圆满;当月亮向太阳靠近时,月相就会缩小,直至完全消失。

在张衡之前,人们对月光的由来以及月相圆缺的原因都已有所认识。《周髀算经》云:“日兆(通“照”)月,月光乃生,故成明月。”西汉东郡顿丘(今河南清丰)籍学者京房(前77~前37年)说:“先师以为日似弹丸,月似镜体,或以为月亦似弹丸,日照处则明,不照处则暗。”^①张衡对月相的认识和前人没有本质的区别,他的进步在于指出了月相变化与日月的相对位置的关系,即“当日则光盈,就日则光尽”。既然如此,当月和日相对、月相圆满的时候,为什么会发生月食呢?对此,张衡的回答是:“蔽于地也。”即认为是大地挡住了日光,使日光照射不到月亮上去了。张衡把大地产生的影子叫做“暗虚”,认为月亮进入暗虚时就会发生月食。

不过,按照《灵宪》所述的天地结构,大地若是一个与天球壳下半部体积相等的半球体,则太阳没入地平以后,其光线就会被地半球完全挡住,根本无法照射到月亮上。这样一来,晚上的月亮就不可能发光,月食现象也就无从谈起。如此看来,《灵宪》中的半球形大地就不应该完全是固体的,而应该是由固体的陆地和环绕并浮托着陆地的海水两部分构成。这样,当太阳没入地平、进入海水以后,日光仍能透过海水照射到月亮上;而由相对较小的陆地遮挡日光所形成的暗虚,就能使月亮发生亏缺。

在张衡之前,人们之所以未能对月食现象作出解释,是因为在盖天说占主导地位的情况下,人们不相信太阳会没入地面之

① 《尔雅注疏》卷六《释天》注引,见《十三经注疏》,中华书局影印本,1980年,2607页。

下,不可能想到日光会被大地所遮挡,以及月食会在地影中产生。而张衡作为一名善于探索的浑天家,正是借助于进步的浑天说理论,才得以首先成功地解释了月食发生的科学道理。

六 恒星观测

对全天恒星星官重新进行观测统计,是张衡的一项重要天文工作。

为了便于辨认和观测,我国古代很早就对恒星进行了分组和命名。各个星组的星数多少不一,少则仅为一星,多则可达数十星。我国古代称这些恒星星组为星官,它们相当于西方天文学的星座。由于各个天文学家对恒星分组和命名的方式有所不同,因而形成了多家不同的星官体系。在张衡之前,流传于世的星官体系已有石氏、甘氏、黄帝、海人之占以及《史记·天官书》等等。据唐代文献《开元占经》记载,石氏体系有中官(二十八宿以北之星官)62名,外官(二十八宿以南之星官)30名,中外星官合计92名,632星;甘氏体系有中官76名,外官42名,合计118官,506星。司马迁的《史记·天官书》记有星官91个,共约500余星。东汉初成书的《汉书·天文志》记云:“凡天文在图籍昭昭可知者,经星常宿中外官凡百一十八名,积数七百八十三星。”这个星数比《天官书》所载的多了不少。但从它叙述星官的文字来看,几乎和《天官书》完全相同,说明它只是在《天官书》的基础上,对恒星星官和星数有所增补而已。

张衡通过自己以及其他同时代天文学家的共同努力,使所认识的星官和星数较《汉书·天文志》又有了大幅度的增加。《灵宪》对此记载说:

中外之官,常明者百有二十四,可名者三百二十,为星二千五百,而海人之占未存焉。微星之数,盖万一千五百二十。

张衡还将这些星官和恒星标示在他所制作的天球仪——浑天仪上。可惜的是,张衡的浑天仪以及有关天文著作都未能保存下来,所以,当时究竟增加的是哪些星官和恒星,就只能存疑了。

七 天文仪器制作

张衡在天文仪器制作方面最突出的成就是,他为了证明浑天说的正确性,研制了一台用水力推动的天象演示仪——浑天仪。《晋书·天文志》有三处记载了这台仪器。其一是“天体”节引晋代科学家葛洪的话说:

张平子既作铜浑天仪,于密室中以漏水转之,令伺之者闭户而唱之。其伺之者以告灵台之观天者曰:“璇玑所加,某星始见,某星已中,某星今没”,皆如合符也。

其二见于“仪象”节的描述:

至顺帝时,张衡又制浑象,具内外规、南北极、黄赤道,列二十四气、二十八宿、中外星官及日月五纬,以漏水转之于殿上,室内星中出没与天相应。因及关戾,又转瑞轮蓂莢于阶下,随月虚盈,依历开落。

其中的浑象,即上文中的浑天仪。其三见于“仪象”节之末,论述了张衡浑天仪的大小:

古旧浑象以二分为一度,凡周七尺三寸半分。张衡更制,以四分为一度,凡周一丈四尺六寸一分。

从这三段记载可知,张衡的浑天仪类似于今天的天球仪。在象征天球的圆球上,画着张衡整理核定的444个星官,2500颗恒星;还画有分别标注着二十四节气的黄道和赤道。一根极轴贯穿天球的南、北极,整个天球可绕极轴转动。天球的外围,应该在中间位置上固定一圈表示地平的水平圆环。还应该有一对夹着极轴两端而又与水平环相垂直的子午双环,双环的中缝就是子午线。天球转动时,球上的星点若从地平环下转到地平环上,即表示星出,反之就是星没;若正过子午线,就表示星中。天球上有一部分星官始终在地平环之上转动。这部分星官的界限是一个以北极为圆心、以观测地纬度为半径的小圆圈,当时人们称之为内规。同理,天球上还有一个始终在地平环以下转动的部分,它位于以南极为中心、以当地纬度为半径的小圆圈——外规的范围内。

根据记载,张衡浑天仪上还应该有日、月、五星。由于这七个天体除了有和天球共同的周日转动之外,还有各自在恒星背景上的复杂运动,要模拟出这些复杂的运动远不是当时的机械技术所能做到的,因此,它们很可能只是一些在天球面上可以随时用手加以移动的附缀模型。移动的目的,就是使日、月、五星模型在天球上的位置与实际位置相符合。

另外,按照《晋书·天文志》的记载,张衡浑天仪是由漏刻的滴水推动的,它转动起来与自然界的天球同步。由此可知,张衡的漏刻制作技术和传动装置制作技术的水平都很高。唐代文献《初学记》卷二十五,载有一篇题为《张衡漏水转浑天仪制》的文章的片段:

“以铜为器,再叠差置。实以清水,下各开孔。以玉虬吐漏水入两壶,右为夜,左为昼。”“(盖)上铸金铜仙人,居左壶;为金胥徒,居右壶。”“以左手把箭,右手指刻,以别天时早晚。”

文中记述的张衡漏刻是由二级漏壶和一级蓄水浮箭壶组成。所谓“再叠差置”，是指上下三层容器错开叠放。至于最下边的浮箭壶又分左右二只，是因为古代的時刻制度白天和夜间有所不同。《张衡漏水转浑天仪制》，是目前所知记载多级漏刻的最早文献。据此推测，张衡很可能是实现从单级沉箭漏到多级浮箭漏这一重大改革的关键性人物^①。

八 黄赤道经度换算

认识黄赤道差的变化规律，提出黄赤道经度的换算关系，是张衡天文工作的又一重大成就。这一成就的具体内容，见于张衡在创制浑天仪后写的一篇文章。梁代刘昭注《后汉书·律历志》引述此文时，称其为《张衡浑仪》。该文的内容主要有三：一是讲述浑天学说和浑天仪上天极、赤道和黄道三者间的相互关系及彼此相去度数；二是讲述黄赤道经度差的求法和这种差数的变化规律；三是讲述黄道二十八宿距度以及冬至点、夏至点的黄道位置。

据该文介绍，黄赤道经度差的求法是：把一根竹箴置于天球表面，两头分别穿在极轴两端上，箴的长度等于天球半圆周。将竹箴从冬至点开始，沿赤道一度一度地移动，读取竹箴所截的黄道度数，将此数与相应的赤道度数相减，即可得到该赤道度数（或黄道度数）上的黄赤道差。这种从天球仪上用赤经线量取黄道经度的方法表明，中国古代并没有如同古希腊那样的黄经圈概念；中国古代的黄道度数实际上是以赤经圈为标准，截取黄道上的弧段而得。这种以赤极为基本点所求得黄经度数，今人称之为“伪黄经”或“赤极黄经”。对于太阳这样在黄道上运动的

① 薄树人：《张衡》，见《中国古代科学家传记》，北京，科学出版社，1992年，84页。

天体,其伪黄经度数和真正的黄经度数是相等的。而对于黄道之外的天体,则二者是有区别的,距离黄道越远,差别越大。

采用上述方法,张衡按二十四节气将赤道平均分为24段,求得每一分段的黄道度数以及相应的黄赤道差,从而发现黄赤道差的变化规律是:从春分到夏至区间,起初是赤道每经4度,黄经比赤经增加 $\frac{1}{4}$ 度;当赤经积至12度,黄经积至 $12\frac{1}{4}$ 度时,则赤经每隔3度,黄经比赤经增加 $\frac{1}{4}$ 度;当赤经积至15度时,则黄经积至16度。按此方式连取3次,赤经将积至45度,黄经则积至48度。此后,黄经将以前段比赤经增加的速率,逐次比赤经减少 $\frac{1}{4}$ 度,减至夏至时,黄赤经度正好相等。很显然,在每一段上,黄赤道差的变化是一个以 $\frac{1}{4}$ 为公差的等差数列。这是中国古代求得的第一个黄赤道差规律。这种以数列解决球面三角问题的做法,在中国也是由张衡首创。黄赤道差的概念虽然在张衡之前的东汉《四分历》中就已出现,并被称作进退差,但其各差值的变化还没有明显的规律性。

九 历法工作

汉安帝延光二年(123年),东汉王朝开展了一次历法大讨论。在讨论中,张衡坚持科学进步立场,同迷信倒退主张进行了针锋相对的斗争。据《后汉书·律历志》记载,这次大讨论的起因是,有人从图讖和灾异等迷信观念出发,非难当时行用的较科学的东汉《四分历》,主张改用合于图讖的《甲寅元历》;又有人把汉武帝“攘夷扩境,享国久长”的盛世归福于使用了《太初历》,因而认为应该倒退回去采用西汉《太初历》。当时任职尚书郎的张衡和周兴,对上述两种意见提出了有力的批驳和诘难,使这两种

错误意见的提出者或者无言以对,或者对答失误,从而为阻止历法倒退做出了贡献。

另外,在这次讨论中,张衡和周兴还主张采用“九道术”来安排历日。九道术是西汉天文学家刘向创立的一种表述月亮运行规律的方法。该方法认为,月亮的运动有迟疾,且迟疾与月行轨道的远近变化密切相关。因此,用九道术推算的合朔时刻,比那些只按月行平均速度推算的合朔时刻都准确。不过,如果按照九道术的推算安排历日,就有可能出现接连3个月都是30天的连大月,或者接连2个月都是29天的连小月的现象。然而,由于以前的各种历法一直采取大小月相间、最多相隔17个月左右有一次2个大月相连的方式安排历日,从来不会出现3个大月相连或2个小月相连的情况,所以,张衡、周兴关于采用九道术安排历日的建议虽然合理而进步,但却难以被习惯于守旧的人们所接受,以至于未能在这场大讨论中获得通过。这是当时历法工作的一个损失。直到半个多世纪以后,刘洪(129~210年)编制《乾象历》时,才第一次正式根据月行的不均匀规律推算和安排历日。

张衡不但在天文学方面有一系列重大成就,在机械制作方面也有神奇的创造。除了上边所介绍的漏水浑天仪以外,他还发明了我国乃至世界上第一台能及时测知地震发生方位的“候风地动仪”。传说他还制作过能在天上飞翔的木鸟、以及能在行走中指示方向的指南车。在数学方面,他是我国通过理论推导求得圆周率($\pi = \sqrt{10}$)的第一人。在文学方面,他创作过《二京赋》、《思玄赋》、《四愁诗》等一系列脍炙人口的佳作。

张衡的辉煌业绩彪炳史册,赢得了当代中国和世界人民的肯定和尊敬。为了纪念这位为中国和世界古代科技发展做出过杰出贡献的伟大科学家,1956年,已故中国科学院院长郭沫若曾在重修后的张衡墓前的石碑上题词道:

如此全面发展之人物，在世界史中亦所罕见。

万祀千龄，令人景仰。

1970年，国际天文学联合会将月球上的一座环形山命名为“张衡山”。1977年，国际天文学联合会又将太阳系中第1802号小行星命名为“张衡星”。

第七节 祖冲之、祖暅之父子的数学成就

南北朝时期，相继以建康（今江苏南京）为都城的宋、齐、梁三朝出现了两位著名的数学家兼天文学家，他们就是祖冲之和祖暅之父子。祖冲之（429～500年）出身于一个官宦世家，其曾祖父、祖父、父亲曾先后在东晋和南朝做官。不过，他的这些长辈都对天文历算有一定的研究。在这样的家庭气氛的熏陶下，祖冲之从青年时代起就对天文、数学产生了浓厚的兴趣。他治学态度严谨，十分重视“博访前故，远稽昔典”，广泛搜集自古以来的文献资料和天文观测记录，并深入系统地加以分析研究，从前人的治学思想和科学成就中吸取丰富的营养。他还富有批判精神和积极探索的勇气，在“搜练古今，博采沈奥”^①，掌握大量资料的同时，坚持进行精密测量和细致推算，认真考核验证前人的工作，纠正前人的错误，把我国当时的数学和天文学推进到了一个空前的高度。特别是在数学方面，他把圆周率精确计算到小数点后的第七位，这一成就自诞生以后，在世界上保持了长达一千年之久的领先地位。作为他的儿子，祖暅之继承父业，勤奋好学，在数学和天文学方面同样成就卓著。在数学方面，祖暅之的主要贡献是提出了计算复杂几何体体积的“等积原理”和计算球

^① 《宋书·律历志下》。

体体积的正确公式。

一 祖冲之精确计算圆周率

圆周率 π 是圆的周长与直径的比值,是一个比3略大的无限不循环的无理数。

我国古代,同世界上一些文明发达较早的国家一样,最初使用的圆周率是3这个虽然粗略却简单实用的数值。这个数据在我国究竟是什么时候被认识和开始使用,虽然已难以稽考,但它在大约成书于西汉时期的《周髀算经》和《九章算术》这两部现存传世最早的数学著作中已经出现,则是确定无疑的。

《周髀算经》在关于圆的周长与直径的多处论述中,均以3为圆周率。如,“凡径二十三万八千里,此夏至日道之径也,其周七十一万四千里”;“凡径四十七万六千里,此冬至日道径也,其周百四十二万八千里”;“璣玑径二万三千里,周六万九千里”,等等。

《九章算术》在记述圆的周径互求、圆和圆环的面积、圆柱和圆锥的体积等算题时,所取用的周径之比也都为3。如,其“方田”章云:“今有圆田,周三十步,径十步。问:为田几何?”

其“商功”章关于圆锥体积的计算方法是:“下周自乘,以高乘之,三十六而一。”据文意,若设圆锥的体积为 V ,高为 h ,底圆的周长为 L ,半径为 r ,则其算法可表示为:

$$V = L^2 \times \frac{h}{36} \quad (1)$$

又圆锥体积的一般计算公式为:

$$V = \frac{1}{3} \pi r^2 h \quad (2)$$

底圆的周长可表示为:

$$L = 2 \pi r \quad (3)$$

将(2)、(3)两式代入(1),即可算得 $\pi=3$ 。

然而,随着工程建设,机械和量具制作,以及天文历法研究等实践不断发展,人们逐渐认识到“周三径一”的比例关系是不准确的,从而开始了对精确圆周率的不断探索。

西汉末年的刘歆(前?~23年),曾为王莽制造过一种名为“律嘉量斛”的圆柱形标准量具,其上的铭文是:

方一尺而圆其外,庌旁九厘五毫,幂一百六十二寸,深一尺,积一千六百二十寸,容十斗。^①

据铭文可知,此量斛的口面如图3—2所示。铭文中的“幂”,即口面的圆面积。若设圆面积为 M ,圆直径为 R ,则

$$\begin{aligned} R &= \text{方口对角线} + \text{庌旁} \times 2 \\ &= \sqrt{2} + 0.0095 \times 2 \\ &= 1.4332(\text{尺}) \end{aligned}$$

$$M = \pi \left(\frac{R}{2} \right)^2 = 1.62(\text{平方尺})$$

这样,可知刘歆使用的圆周率:

$$\pi = M \div \left(\frac{R}{2} \right)^2 = 1.62 \div \left(\frac{1.4332}{2} \right)^2 \approx 3.1547$$

东汉初,张衡在其著《灵宪》中写道:

悬象著明,莫大乎日、月。其径当天周七百三十六分之一,地广二百四十二分之一。^②

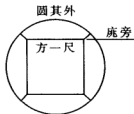


图3—2 “律嘉量斛”口面

① 刘徽注《九章算术·商功》引。

② [梁]刘昭注《后汉书·天文志》引。

因张衡在天地结构的认识上持“天包地外”的浑天说,故其所说的“地广”就是“天周”的直径。若设日、月的直径为 R ,则“天周”即为 $736R$ ，“地广”即为 $242R$,则可推得其所用圆周率为：

$$\pi = \frac{736R}{242R} \approx 3.04$$

不过,唐代著作《开元占经·天体浑宗》所辑录的祖暅之的浑天论中,关于张衡圆周率的说法是：

张衡日月之径当天周七百三十六分之一,地广二百三十二分之一。……以八约之,得周率九十二,径率二十九。

据此推算,张衡圆周率为：

$$\pi = \frac{736}{8} \div \frac{232}{8} = 92 \div 29 \approx 3.172$$

同时可知,前引《灵宪》中的“地广二百四十二分之一”,应为“地广二百三十二分之一”之误。另外,张衡在研究球体积计算方法的过程中,使用了 $\pi = \sqrt{10}$ 的圆周率数值。因为,魏晋时的淄乡(今山东邹平)籍数学家刘徽(生卒年不详),在为《九章算术·少广》作注时提到：

如按衡术,方周率八之面,圆周率五之面也。令方周六十四尺之面,即圆周四十尺之面也。又令径一尺,方周四尺,自乘得十六尺之面,是为圆周率一十之面,而径率一之面也。

这段话的意思是：如果按张衡的算法,正方形的面积是 $\sqrt{8}$,则内切圆的面积就是 $\sqrt{5}$ 。若令正方形的面积为 $\sqrt{64}$,内切圆的面积就是 $\sqrt{40}$ 。又假定内切圆直径为1尺,正方形的周长就是4尺,也可表示为 $\sqrt{16}$ 尺;这时内切圆的周长是为 $\sqrt{10}$,而直径可表示为

$\sqrt{1}$ 。由这段话可知，

$$\text{圆周} \div \text{直径} = \sqrt{10} \div \sqrt{1} = \sqrt{10}$$

说明张衡在这里使用的圆周率是 $\sqrt{10}$ (≈ 3.1622)。因这一 π 值稍大于准确值，所以刘徽在注中接着指出：

衡以周三径一之率为非，是故更著此法，然增周太多，过其实矣。

东汉末年，陈留圉（今河南杞县）籍学者蔡邕（133 ~ 192 年），在讨论天文问题时也涉及到了圆周率：

玉衡长八尺，……玦径八尺，圆周二丈五尺而强^①。

说明蔡邕使用的 $\pi > \frac{25}{8}$ (≈ 3.125)。

三国时期的吴国庐江（今安徽桐城）籍学者王蕃（219 ~ 257 年），在研究天文学时指出：

径一不啻周三，率周百四十二而径四十五。^②

说明他所用的圆周率 $\pi = \frac{142}{45} \approx 3.1555$ 。

以上诸家所使用的圆周率，虽然比“周三径一”的古率有所改进，但与准确值相比，仍然都有 ± 0.01 以上的误差。而且，也没有材料能够表明他们找到了推求圆周率的正确方法。

① [唐]张守节：《史记·五帝本纪》“正义”引。

② 《晋书·天文志上》。

我国最早找到推导圆周率正确方法的学者,是三国时的魏国数学家刘徽。他在所著的《九章算术注》中,用自己发明的“割圆术”计算圆面积的同时,也推导出了比前人所用数值都精确的圆周率。刘徽从研究“周三径一”的古率入手,发现3这个数值并不是圆周长与圆径之比,而是圆内接正六边形的周长与圆径之比(图3—3)。他认为,如果以圆内接正六边形为基础,成倍地增加圆内接正多边形的边数(图3—4),使之成为正十二边形、正二十四边形、正四十八边形……那么,这些正多边形的周边就会逐渐靠近圆周,并把圆周分割得越来越细,“割之弥细,所失弥少。割之又割,以至于不可割,则与圆周合体,而无所失矣”。这些圆内接正多边形的面积,也会逐渐接近以至最后等同于圆面积。这样,只要用求解圆内接正六边形面积的方法,求出边数成倍增加的圆内接正多边形的面积,就可以最终得到准确的圆面积。假若 $S_{\text{圆}}$ 为圆面积, S_n 为圆内接正 n 边形的面积,刘徽得到了如下不等式:

$$S_{2n} < S_{\text{圆}} < S_{2n} + (S_{2n} - S_n) \text{①}$$

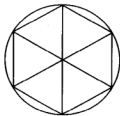


图 3—3

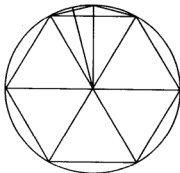


图 3—4

① 钱宝琮主编:《中国数学史》,北京,科学出版社,1964年,67页。

刘徽称($S_{2n} - S_n$)为差幂,并算出圆半径为1尺(10寸)时,

$$S_{96} = 313 \frac{584}{625} \text{平方寸}$$

$$S_{192} = 314 \frac{64}{625} \text{平方寸}$$

$$S_{192} + (S_{192} - S_{96}) = 314 \frac{169}{625} \text{平方寸}$$

若 $S_{\text{圆}} = \pi r^2 = 100\pi$ 平方寸,则有

$$314 \frac{64}{625} < 100\pi < 314 \frac{169}{625}$$

刘徽舍去不等式两边的分数部分,取 $100\pi = 314$,得到

$$\pi = \frac{157}{50} = 3.14$$

这一 π 值与精密值相比,误差已小于百分之一,比前人已经有了明显进步。不过刘徽认识到,它只是据圆内接多边形推得的不足近似值,所以称它“犹为微少也”。虽然刘徽认为还可以用割圆术进一步推算更精确的圆周率,但没有资料表明他这样做了。

在刘徽之后,南北朝时期刘宋国的天文学家何承天(370~447年),使用了更准确的圆周率。《隋书·天文志》记“何承天论浑天象体”云:

周天三百六十五度三百四分之七十五。天常西转,一日一夜,过周一度。南北二极,相去一百一十六度三百四分度之六十五强,即天径也。

由此可知,其圆周率为:

$$\pi = 365 \frac{75}{304} \div 116 \frac{65}{304} = \frac{365 \times 304 + 75}{116 \times 304 + 65}.$$

$$= \frac{111035}{35329} \approx 3.1428$$

不过,《隋书·天文志》没有提及何承天的这一圆周率是如何得到的。

活动于何承天之后的祖冲之,在刘徽工作的基础上,经过艰苦不懈的努力,终于计算出了我国古代数学史上最精密的圆周率值。关于祖冲之的成就,《隋书·律历志》记曰:

古之九数,圆周率三,圆径率一,其术疏舛。自刘歆、张衡、刘徽、王蕃、皮延宗之徒,各设新率,未臻折衷。宋末,南徐州从事史祖冲之更开密法,以圆径一亿为一丈,圆周盈数三丈一尺四寸一分五厘九毫二秒七忽,朒数三丈一尺四寸一分五厘九毫二秒六忽,正数在盈朒二限之间。密率,圆径一百一十三,圆周三百五十五。约率,圆径七,周二十二。

这段记载说明,祖冲之取圆的直径为一丈,算得圆周长的过剩近似值(“盈数”)为 3.1415927 丈,不足近似值(“朒数”)为 3.1415926 丈,真值(“正数”)在过剩与不足二近似值之间,即相当于算得:

$$3.1415926 < \pi < 3.1415927$$

把圆周率值精确到了小数点后第七位。

《隋书·律历志》没有具体记载祖冲之是如何算出这一结果的。如果他采用的是刘徽的割圆术,那么,他就需要计算出圆内接正 24576 边形的面积 S_{24576} 和圆内接正 12288 边形的面积 S_{12288} 。因为 $S_{24576} = 3.14159261$ 平方丈, $S_{12288} = 3.1415951$ 平方丈,再利用刘徽的不等式

$$S_{24576} < S_{\text{圆}} < S_{24576} + (S_{24576} - S_{12288})$$

即可得到上述的圆周率值。

祖冲之为了精密计算,把圆径一丈化为一亿,使所算数字的位数达到 10^8 (即九位数)。这样,若从圆内接正 6 边形算至正 24576 边形 (即 6×2^{12} 边形),就需要把同一个计算程序反复进行 12 次,且每个计算程序又包括加、减、乘、除、乘方、开方等 10 余个步骤,其工作将十分繁杂、艰巨,即使在今天用纸和笔对九位数字进行这些计算,也绝不是一件轻松的事,更何况当时的计算完全是靠摆放算筹来进行,其艰难程度可想而知。祖冲之若没有超人的思维能力和锲而不舍的坚强毅力,是绝不可能获得这一卓越成果的。

祖冲之所求得的圆周率数值,远远地走在了当时世界的前边。因为,直到约一千年以后的 1427 年,阿拉伯数学家阿尔·卡西 (al-kashi) 才在其著《算术之钥》中算出了更精确的数值。

另外,由于我国古代有利用分数进行计算的习惯,祖冲之还为此给出了两个用分数表示的圆周率近似值,一个是密率 $\frac{355}{113}$ (≈ 3.14159292),一个是约率 $\frac{22}{7}$ (≈ 3.14285714)。其中,构成密率 $\frac{355}{113}$ 分母和分子的六个数字 113355,正好是三个最小奇数从小到大两两依次排列。它不仅结构简单、整齐美观、便于记忆,而且是一个分子、分母均在一千以内的最接近于 π 的分数。因为,比它更接近 π 的最小分数是 $\frac{52163}{16604}$ (≈ 3.141592387),其精确性虽然略好,但其分子和分母均是由排列无明显规律的五位数构成,远不如 $\frac{355}{113}$ 那样便于记忆和便于使用。至于约率 $\frac{22}{7}$,虽然只精确到小数点后二位,但在便于记忆和使用方面,却明显强于精度水平相同的刘徽的 $\frac{157}{50}$ 。

祖冲之的密率 $\frac{355}{113}$,可能是以其约率 $\frac{22}{7}$ 和刘徽的 $\frac{157}{50}$ 为基础,运用何承天发明的“调日法”推算出来的。^①“调日法”的基本内容是:假如 $\frac{a}{b}$ 和 $\frac{c}{d}$ 分别为某一真值的不足和过剩近似分数,那么,适当选取正整数 m 和 n ,就可使分数 $\frac{ma+nc}{mb+nd}$ 更加接近真值。因为 $\frac{157}{50}$ 是略小于 π 的不足近似值, $\frac{22}{7}$ 是略大于 π 的过剩近似值,这样,若分别取 $m=1, n=9$,就可算得

$$\frac{ma+nc}{mb+nd} = \frac{1 \times 157 + 9 \times 22}{1 \times 50 + 9 \times 7} = \frac{355}{113}$$

这一用“调日法”算得的分数值,再用以割圆术求得的精确数值加以校验,即可断定它是比约率 $\frac{22}{7}$ 精密的“密率”。

在西方, $\frac{355}{113}$ 这一分数值直到一千多年后的1573年,才由德国数学家V.奥托(Otho, 1550~1605年)算得;而在西方一般的数学史著作中,却常误以为这一数值是由荷兰工程师A.安托尼兹(Anthonisz, 1527~1607年)发现的,因而称 $\frac{355}{113}$ 为“安托尼兹率”。然而, $\frac{355}{113}$ 的真正发现者是我国的祖冲之,只有把它称作“祖率”,才更符合历史的本来面目。

在对圆周率的推算工作中,祖冲之除了可能使用过割圆术以外,还创立了一种非常简捷的方法。这一方法见于唐代李淳

^①《隋书·律历志》在追述祖冲之以前学者研究圆周率的工作时,提到了皮延宗而遗漏了何承天。钱宝琮《中国数学史》认为,这“大概是错误的。皮延宗是一个刘宋官僚,尝与何承天辩论历法,对于圆周率未必有所创见”。

风(602~670年)注《九章算术·方田》。李淳风在对“周径求圆积术”的注文中说,“据摭诸家,考其是非,冲之为密,故显之于徽术之下”;并在关于刘徽圆周率 $\frac{157}{50}$ 的注文之后,加上了关于祖冲之工作的如下一段文字:

晋武库中汉时王莽作铜斛,其铭曰:“律嘉量斛,内方尺而圆其外,庑旁九厘五毫,幂一百六十二寸,深一尺,积一千六百二十寸,容十斗。”以此术求之,得幂一百六十一寸有奇,其数相近矣。此术微少,而觚差幂六百二十五分寸之一百五。以十二觚之幂为率,以率消息,当取此分寸之三十六,以增于一百九十二觚之幂,以为圆幂三百一十四寸二十五分寸之四。……以半径一尺除圆幂三百一十四寸二十五分寸之四,倍之,得六尺二寸八分二十五分分之八,即周数也。全径二尺,与周数通相约,径得一千二百五十,周得三千九百二十七,即其相与之率。若此者,盖尽其纤微矣。举而用之,上法为约耳。当求一千五百三十六觚之一面,得三千七十二觚之幂,而裁其微分,数亦宜然,重其验耳。

从这段文字可知,祖冲之曾根据刘歆在王莽时所造“律嘉量斛”上的铭文,对刘徽的圆周率 $\frac{157}{50}$ 进行过检验,结果证实,刘徽的圆周率值“微少”,与刘徽本人的认识一致。为了求得更精密的圆周率,祖冲之对刘徽的计算方法作了改进。他不是像刘徽那样,一步一步地计算边数成倍增加的圆内接正多边形的面积,然后求出圆周率;而是利用刘徽所算得的差幂 $\Delta 96 (= S_{192} - S_{96})$, $\Delta 12 (= S_{24} - S_{12})$ 和 $\delta 24 (= S_{\text{圆}} - S_{24})$,求出 $\delta 192 (= S_{\text{圆}} - S_{192})$ 。因为 $\Delta 96 = \frac{105}{625}$,而且

$$\Delta 96: \delta 192 = \Delta 12: \delta 24^{①}$$

可求得 $\delta 192 = \frac{36}{625}$ 。又已知 $S_{192} = 314 \frac{64}{625}$ 平方寸, 通过“以率消息”, 即加上 $\delta 192$, 可求得圆面积

$$\begin{aligned} S_{\text{圆}} &= S_{192} + \delta 192 \\ &= 314 \frac{64}{625} + \frac{36}{625} = 314 \frac{100}{625} = 314 \frac{4}{25} \text{ (平方寸)} \end{aligned}$$

因圆半径 r 是 1 尺 (= 10 寸 = 100 分), 祖冲之进一步推算出:

$$\begin{aligned} \text{圆周} &= \text{直径} \times \text{圆周率} = 2 \times 10 \text{ 寸} \times \frac{\text{圆面积}}{\text{半径}} \\ &= \frac{20 \text{ 寸} \times S_{\text{圆}}}{r} = \frac{20 \text{ 寸} \times 314 \frac{4}{25}}{10 \text{ 寸}} = 628 \frac{8}{25} \text{ (分)} \\ \pi &= \frac{\text{圆周}}{\text{直径}} = \frac{628 \frac{8}{25} \text{ 分}}{2 \times 100 \text{ 分}} = \frac{3927}{1250} = 3.1416 \end{aligned}$$

这一 π 值的精密性虽然明显超过了约率 $\frac{22}{7}$, 以及刘徽的 $\frac{157}{50}$ 和何

承天的 $\frac{111035}{35329}$, 但也明显低于密率 $\frac{355}{113}$ 。所以, 祖冲之认为, 它只

能算是 π 的一个近似值, 这可通过求出圆内接正 1536 边形的边长和圆内接正 3072 边形的面积, 加以验证。至于那个精密度达小数点后第七位的 π 值, 祖冲之是否是用这种方法求得的, 尚没有确切材料可以证明。

二 祖暅之正确求解球体积

球体积的计算, 是一个与圆周率有密切关系的问题。为正确解决这一问题, 我国古代同样经历了漫长的探索过程。在传

① 李迪:《中国数学通史》, 南京, 江苏教育出版社, 1997 年, 250 页。

世历史资料中,最早论及这一问题的是《九章算术》,其“少广章·开立圆术”曰:

置积尺数,以十六乘之,九而一,所得开立方除之,即立圆径。

这是已知球(立圆)的体积(积尺),而求其直径。若设球体积为 $V_{\text{球}}$,球直径为 D ,由术文可得:

$$D = \sqrt[3]{\frac{16}{9} V_{\text{球}}}$$

若由球直径反求球体积,则有:

$$V_{\text{球}} = \frac{9}{16} D^3 \quad (1)$$

即球体积是球外切立方体体积的 $\frac{9}{16}$ 。刘徽在为“开立圆术”作注时解释说,《九章算术》之所以如此认识,是因为它认为球体积是其外切圆柱体积的 $\frac{3}{4}$,而圆柱体积又是其外切立方体体积的 $\frac{3}{4}$ 。

其实,(1)式只是一个近似公式。因为,球体积的准确公式是:

$$V_{\text{球}} = \frac{4}{3} \pi r^3 \quad (2)$$

或者

$$V_{\text{球}} = \frac{1}{6} \pi D^3 \quad (3)$$

若取 $\pi=3, D=2r$,则由(1)式可得:

$$V_{\text{球}} = \frac{3}{16} \pi \times (2r)^3 = \frac{3}{2} \pi r^3 \quad (4)$$

(4)式比准确公式(2)大 $\frac{1}{6} \pi r^3$ 。另外,由准确公式(3)可得:

$$V_{\text{球}} = \frac{1}{6} \times 3 \times D^3 = \frac{1}{2} D^3 \quad (5)$$

(5)式则比近似公式(1)小 $\frac{1}{16}D^3$ 。

东汉张衡曾对球体积的计算进行过研究。据刘徽注“开立圆术”记载,张衡“谓立方为质,立圆为浑。……又言质六十四之面,浑二十五之面。质复言浑,谓居质八分之五也”。这就是说,张衡认为,如果立方体的体积在数值上相当于面积为64的正方形的边长数,其内切球的体积则在数值上相当于面积为25的正方形的边长数,即:

$$\frac{\text{立方体体积}}{\text{内切球体积}} = \frac{\sqrt{64}}{\sqrt{25}} = \frac{8}{5}$$

也就是:

$$\text{内切球体积} = \frac{5}{8} \times \text{立方体体积}$$

这样,若设球的直径为 D ,则立方体的边长亦为 D ,体积为 D^3 ,则有:

$$V_{\text{球}} = \frac{5}{8} D^3$$

这一结果比准确公式(5)大 $\frac{1}{8}D^3$,误差比《九章算术》的近似公式(1)还大 $\frac{1}{16}D^3$ 。刘徽看到了这一点,所以他指出,张衡的算法“失之远矣”。

张衡虽然未能正确解决球体积的计算问题,但他的把球内切于立方体的方法,却使刘徽受到了启发。刘徽在分析了《九章算术》以及张衡计算不精确的原因之后,提出了如下处理意见:

取立方棋八枚,皆令立方一寸,积之为立方二寸。规之为

圆图，径二寸，高二寸。又复横规之，则其形有似牟合方盖矣。……按合盖者，方率也。九居其中，即圆率也。

刘徽这是把八个边长为1寸的小立方体，组合成一个边长为2寸的大立方体，然后在水平方向相互垂直地作两个内切圆柱（图3—5），并把两个圆柱体的公共部分称作“牟合方盖”（图3—6）。刘徽让球正好内切于“合盖”之中，并且发现，如果用一平面从水平方向平分“合盖”及其内切球，则切口分别为一个正方形与一个内切圆。因正方形的边长等于内切圆的直径，若设正方形的面积为 $S_{\text{方}}$ ，内切圆的面积为 $S_{\text{圆}}$ ，圆的半径为 r ，则

$$S_{\text{方}} : S_{\text{圆}} = (2r)^2 : \pi r^2 = 4 : \pi$$

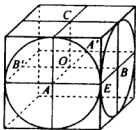


图3—5

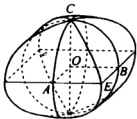


图3—6

刘徽认为，“牟合方盖”的体积 $V_{\text{合盖}}$ 与球体积 $V_{\text{球}}$ 之间，也具有这样的比例关系，即所谓“合盖者，方率也；九居其中，即圆率也”。

$$V_{\text{合盖}} : V_{\text{球}} = 4 : \pi \quad (1)$$

刘徽这是应用了这样一条截面原理：两等高的立体被平行于底的任意平面所截，若截口的面积之比为一常数，则两立体的体积之比等于这一常数。这样，由(1)式可得

$$V_{\text{球}} = \frac{\pi}{4} V_{\text{合盖}} \quad (2)$$

据(2)式,若能求出 $V_{\text{合盖}}$,则 $V_{\text{球}}$ 就可求得。不过,刘徽经过研究,认识到“牟合方盖”的形状并不像其他已知的立体那样规则,自己还找不到计算其体积的方法,因而不得不遗憾地感叹道:“敢不阙疑,以俟能言者。”

二百多年后的祖暅之,就是刘徽所期待的这样一位“能言者”。他继承了刘徽的思想,也吸取了刘徽的教训,因而采取了与刘徽有所不同的方法:不去直接求“合盖”的体积,而是首先研究立方体内除去“合盖”的部分。唐代李淳风在注释《九章算术》的“开立圆术”时,记述了祖暅之的研究成果:

祖暅之开立圆术曰:“以二乘积,开立方除之,即立圆径。”其意何也?取立方棋一枚,令立枢于左后之下隅,从规去其右上之廉。又合而横规之,去其前上之廉。于是立方之棋,分而为四。规内棋一,谓之内棋;规外棋三,谓之外棋。更合四棋,复横断之。以勾股言之,令余高为勾,内棋断上方为股,本方之数,其弦也。勾股之法,以勾幂减弦幂,则余为股幂。若令余高自乘,减本方之幂,余即内棋断上方之幂也。本方之幂,即内外四棋之断上幂。然则余高自乘,即外三棋之断上幂矣。不问高卑,势皆然也。……按阳马方高数参等者,倒而立之,横截去上,则高自乘与断上幂数,亦等焉。夫叠棋成立积,缘幂势即同,则积不容易。由此观之,规之外三棋旁蹙为一,即一阳马也。三分立方,则阳马居一、内棋居二可知矣。合八小方成一大方,合八内棋成一合盖。内棋居小方三分之二,则合盖居立方亦三分之二,较然验矣。置三分之二,以圆幂率三乘之,如方幂率四而一,约而定之,以为丸率。故曰:丸居立方二分之一也。

上述记载表明,祖暅之的做法是:单取刘徽构组大立方体的八个小立方棋中的一个(图3—7),称此立方棋中属于“合盖”的

部分为“内棋”(图3—8),称其余三部分为“外三棋”(图3—9、3—10、3—11)。这样,若在小立方棋之高 h 处作一平行于底的

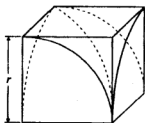


图3—7

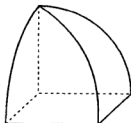


图3—8

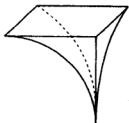


图3—9



图3—10

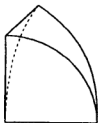


图3—11

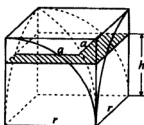


图3—12 “小合盖”与“小合盖差”

平面(图3—12),则整个截面是一个面积为 r^2 的正方形,且“内棋”截面也是一个正方形。若设“内棋”截面的边长为 a ,面积为 a^2 ,则“外三棋”截面的面积就是 $r^2 - a^2$ 。由勾股定理可知 $r^2 - a^2 = h^2$,即“外三棋”在高

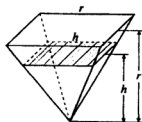


图3—13 倒四棱锥(阳马)

h 处截口的面积恰为 h^2 。祖暅之还发现,底边与高均为 r 、且有一条棱垂直于底的倒立四棱锥(阳马),其高 h 处的截口面积也是 h^2 (图3—13)。另外,他在研究各种立体体积的关系时,发现了一条“等积原理”：“幂势既同,则积不容异”,即认为两等高的立体被任一平行于底的平面所截,若两截口面积总是相等,则两立体的体积也一定相等。根据这一原理,祖暅之得出了“外三棋”的体积与倒四棱锥体积相等的结论。

由于立方棋的体积是 r^3 ,阳马(倒四棱锥)的体积是 $\frac{1}{3}r^3$ (这也是“外三棋”的体积),所以“内棋”体积为:

$$V_{\text{内棋}} = V_{\text{立方棋}} - V_{\text{阳马}} = r^3 - \frac{1}{3}r^3 = \frac{2}{3}r^3$$

由此而有

$$V_{\text{合盖}} = 8V_{\text{内棋}} = 8 \times \frac{2}{3}r^3 = \frac{16}{3}r^3$$

再据刘徽的公式(2),即可得到一个准确的球体积公式:

$$V_{\text{球}} = \frac{\pi}{4}V_{\text{合盖}} = \frac{\pi}{4} \times \frac{16}{3}r^3 = \frac{4}{3}\pi r^3$$

因为 $r = \frac{D}{2}$,若取圆周率 $\pi = 3$,则

$$V_{\text{球}} = \frac{4}{3} \times 3 \times \left(\frac{D}{2}\right)^3 = \frac{1}{2}D^3$$

即球体积近似地等于外切立方体的一半。

据《宋书·律历志》记载,祖暅之的父亲祖冲之在与朝廷重臣戴法兴进行历法辩论时曾说:“至若立圆旧误,张衡述而弗改。……臣昔以暇日,撰正众谬。”这表明,祖冲之对球体积的计算已进行过深入有效的研究。祖暅之通过继续努力,终于使这个自《九章算术》以来、历经四个多世纪的问题得到圆满解决。这是我国数学史上的值得纪念的又一件大事。

至于祖暅之发现并使用的“等积原理”，则是刘徽“截面原理”的一个特例，即截面积之比为 1 的情况。这一原理在西方被称作“卡瓦列里原理”，是由 17 世纪的意大利数学家 B. 卡瓦列里（Cavalieri, 1595 ~ 1647 年）所发现。但他的工作已在祖暅之后一千多年，因此，“等积原理”应该称作“祖暅之原理”才对。

第四章

科学技术的繁荣 (隋唐宋元时期)

第一节 越窑的青瓷

1987~1988年,在陕西扶风法门寺塔地宫内出土了一批精美的瓷器,被称之为“秘色瓷”。这批精美的瓷器是唐代皇室为了礼佛而埋藏在塔下的,而它们正是当时越窑的产品。

1985年,在河南三门峡市一座唐墓中曾经出土过一盘一壶2件越窑生产的青瓷器,淡青色釉,莹润匀净,同年在河南巩县宋太宗元德李后陵中又出土了龙纹盘、套盒、碗共3件越窑生产的青瓷器。所以有的古瓷研究者认为,越窑从唐代开始设立贡窑,专烧进贡用瓷,五代吴越国是如此,直到北宋时也是如此,因而越窑生产的高档青瓷器大都是皇室成员或豪门贵族才能享有。^①但也有古瓷研究者认为,越窑不是官窑,而是民窑,进贡的瓷器只是越窑中的精品而已。

一 越窑及其青瓷简介

越窑为我国古代南方的名窑,它主要分布在现今浙江省的

^① 许天申:《试论河南出土的越窑瓷器》,载《江西文物》,1991年第4期。

上虞、绍兴、余姚、嵊县、慈溪、镇海、奉化等地。越窑烧造青瓷的时间大概起始于东汉晚期，盛行于唐、五代，衰落于北宋末期。据《中国文物报》1999年1月20日沈岳明等在《越窑考古获重大突破》一文中报道：1998年9月至12月，浙江省文物考古研究所等发掘了浙江省慈溪市匡堰镇寺龙村的越窑上湖寺龙口窑址，发掘出龙窑一座，长约50米，宽约2米，时代从唐末五代一直延续到南宋初年。其中，在南宋时期的地层中出土了一件外底阴刻“官”字的匣钵，这一事实证明直到南宋初期，这里的越窑仍在为宫廷烧制瓷器。

唐宋时期，越窑生产的青瓷器十分有名，“秘色瓷”只是其中的代表作之一。关于“秘色”的含义，宋代人多解释为：“今之秘色瓷器，世言钱氏有国越州烧进，为供奉之物，不得臣庶用之，故云秘色”。也就是说，这种瓷器是专门供统治阶级使用的，一般的老百姓是不能使用的，可见其质量是很好的。近年来，由于秘色瓷的实物时有出土，使古瓷研究者们对“秘色”二字有了新的理解，目前学术界一般认为，秘色瓷就是越窑青瓷中精品的代称，所以秘色瓷也就是青瓷。^①

越窑生产的青瓷器，不仅品种繁多、造型优美，而且其青绿的釉色晶莹、滋润，深得当时人们的喜爱。我们知道，唐代饮茶之风盛行，促进了对茶具的需求，陆羽《茶经》中记载：

碗，越州上，鼎州次……若邢瓷类银，越瓷类玉，邢不如越一也。若邢瓷类雪，则越瓷类冰，邢不如越二也。邢瓷白而茶色丹，越瓷青而茶色绿，邢不如越三也。……越州瓷、岳瓷皆青，青则益茶，茶作白红之色……。

^① 孙新民：《试论北宋早期的越窑秘色瓷》，载《江西文物》1991年第4期。

陆羽是从饮茶的角度对越窑青瓷与邢窑白瓷进行比较的,因此他对越窑评价很高,放在当时各窑出产的瓷器之首,并谓越窑的青瓷器有“类玉”、“类冰”的外观效果,从而认为越窑瓷器的品质冠绝天下。唐代陆龟蒙在《秘色越器》一诗中写道:“九秋风露越窑开,夺得千峰翠色来。”(《全唐诗》卷六二九)至今,人们在描述越窑青瓷釉色时,还常常用“千峰翠色”来形容。

二 有关的制瓷技术

越窑青瓷历经东汉、三国、两晋、南朝到隋代的数百年间始终在不断地发展着,繁盛不衰,到了唐、五代及北宋前期已经形成了一个庞大的制瓷业系统,并达到了当时青瓷烧造的最高水平。特别是五代时期,位于江浙一带的吴越国政权,在民窑长期发展的基础上建立起官办的窑场,生产高档青瓷器——秘色瓷,其青绿的釉色、精致的造型及富有生活气息的花纹装饰,进一步提高了越窑青瓷的艺术价值,被誉为青瓷中的绝品而为世界所珍视。越窑青瓷之所以如此受到人们的喜爱,与其所采用的先进的制瓷技术有关,主要有:

1. 品种和造型

从品种上看,越窑瓷器已经应用到社会的许多领域,如饮食用具有:碗、碟、罐、杯、匙、注子、盅、壶等;日用品器物有:缸、瓶、灯、孟、熏炉、瓷塑动物等;书写用具有:砚、洗、印盒等;化妆用具有:粉盒、油盒等;医疗用具有:脉枕、捣药壶等;制茶用具有:碾子、碾轴等。

同一品种在式样上也更加丰富,如碗就有菱花碗、荷花碗、海棠碗、敞口斜直腹的玉璧底碗等,盘有平底盘、委角方盘、葵瓣口盘、璧形底盘等。品种与式样的增多,更加适应于当时的社会需要。

从造型上看,越窑瓷器从唐代中晚期开始逐步向轻薄、小

巧、精细的方向发展,一改从前那种器大胎厚之风。特别是将植物作为题材,把生产的瓷器做成花朵、瓜果的模样,既朴实又美观,生活气息十分浓厚。如浙江上虞上浦窑山、黄蛇山窑址出土的四耳罐,翻沿、短颈、斜肩,上腹近直,下腹斜收至底,腹部压印四条凹线,作瓜棱纹,内外施青黄色釉,全罐极像一只即将成熟的瓜果;上虞龙浦唐代窑址出土的水盂,矮直口、扁圆腹、平底,上腹压印出六条凹线,其形状如蒜头,几可达到乱真的程度。^①

2. 装饰工艺

唐代越窑青瓷的装饰方法有刻画、堆贴、模印、镂雕等多种,模印又有阴纹与阳纹两类,模印的采用能使花纹的立体效果增加,有时一件器物上同时采用几种装饰方法。如浙江博物馆收藏的唐代海棠杯,系用模印而成,杯内用刻花装饰,杯内外施青黄色釉,优美的造型配以遒劲的刀法和流畅的线条,使器物的美观在节律与韵律上得到了统一。^②

施釉,是瓷器上重要的装饰工艺。越窑青瓷上所施之釉,青绿如翠,滋润类玉,既美观又实用。这种青釉是一种氧化钙含量比较高的石灰釉,以铁作呈色剂,一般在还原焰中烧成。我们知道,铁的呈色与焙烧时的化学反应生成二价铁还是三价铁有关,还与铁的含量有关。在还原焰中焙烧时,釉中的铁主要生成氧化亚铁。当氧化亚铁含量达8‰时,瓷器的釉色呈淡绿;大于8‰后,釉色由淡绿逐渐加深。被誉为“千峰翠色”的越窑青瓷便是因釉中氧化亚铁的含量加大到3‰而得到的,这是越窑的工匠们在长期的实践中逐步摸索和总结后取得的成果。例如,唐代的越窑工匠们改进了釉的烧制工艺,在烧窑时,将窑温略降低,使釉中产生和保持一定比例的钙长石结晶和未熔石英颗粒,釉层因失透和不平,致使表面对光的漫反射而出现碧玉般的质感,与

^{①②} 章金焕:《唐代越窑造型及装饰艺术探析》,载《南方文物》,1996年第4期。

江南地区的青山绿水在色调上十分和谐,从而得到了当时诗人墨客的高度赞赏。陆龟蒙形容越窑青瓷的釉色是“夺得千峰翠色来”,原因正源于此。

3. 装烧工艺

越窑是我国制瓷史上最早使用窑具的窑场之一,其窑具种类繁多,时代特征明显,因此瓷器装烧工艺风格独特,颇具风貌。李军先生在《论越窑青瓷的装烧工艺》一文中有如下的论述:

东汉至六朝时期,越窑的装烧工艺主要是明火单烧或明火叠烧,即采用圆形、支钉形等窑具托住单件被烧器物或多件被烧器物、用窑具隔开并重叠放置,不仅使被烧器物处于窑内最佳的“烧成带”(窑内最佳的火焰区域),以保证产品的质量,又能提高产量。

从中唐晚期开始,越窑装烧技术发生了一次重大变革,突破了以往传统的明火装烧方法,开始使用一种匣钵作为主要窑具。匣钵的出现,使越窑制瓷业进入一个崭新的发展时期,越窑青瓷从此一改以往釉色不纯、釉面不光滑的缺陷,出现了“类冰”、“类玉”、“千峰翠色”的艺术效果,并成为名噪一时、空前绝后的“秘色瓷”而贡奉于朝廷。

匣钵自创制以来,其形制是随着制瓷业的发展而不断在改进,中唐晚期为初创期,晚唐为发展期,五代、北宋为鼎盛期。^①

盒状匣钵(即一钵一盖)装烧法,是越窑烧制秘色瓷所采用的一种装烧方法。此时匣钵种类繁多,达10余种,匣钵多按器物形制制作而成,在类型上较之于晚唐时期得到了进一步发展。匣钵与间隔窑具质地讲究,用瓷土(原来窑具是用一般粘土)制成。具体装烧方法是:取与器物形制相配套的匣钵正放于下面,内底放数颗托珠(瓷土制泥珠,起隔开匣钵与被烧器物之用)托

① 李军:《论越窑青瓷的装烧工艺》,载《东南文化》,2000年第3期。

起环形垫圈(也是起隔离作用),垫圈上再放上托珠,其上才放置待烧的器物,最后在匣钵上覆加一盖,盖与钵接缝处空隙用釉封死,防止火焰灰尘进入。

北宋时期,为了进一步提高制瓷产量,保证质量,越窑出现了一种用两只匣钵上下相扣,中间隔以 M 形凹底匣钵的组合装烧形制。具体装烧方法是:取一钵形匣钵,在底部放一垫圈作支垫,支垫上放几点未经淘洗的粗瓷土,瓷土上置待烧的坯件。用一呈 M 形的浅腹凹底匣钵,凹底朝上扣在匣钵上,再在凹底内置一垫圈支垫,上放几点粗瓷土支起另一件待烧器物,最后再把与底匣钵大小相同的匣钵扣盖在上面。以此种方法来同时组合装置两件器物,充分利用了窑内空间。三件匣钵口部直径大小一致,扣置严密少缝,露隙处用釉封死。用这种装烧技术烧出来的瓷器亦釉面光洁、釉色湖绿,有冰心玉质之感。^①

值得指出的是,这一时期“秘色瓷”的烧制代表了越窑烧制技术的最高成就,其形成,除了制作工艺精制以外,最重要的是窑具与装烧工艺起着决定性的作用。“秘色瓷”主要是采用二钵组合装烧法与盒状匣钵装烧法烧制而成。

据《中国文物报》1999 年 1 月 20 日沈岳明等在《越窑考古获重大突破》一文中报道:1998 年 9 月至 12 月,浙江省文物考古研究所等发掘的越窑上湖寺龙口窑址,在五代的堆积层中,“一种以釉封口的瓷质匣钵频繁出土,它们被用来烧造一件或多件瓷器,应与秘色瓷的烧成有直接的关系。”在这一地层中也出土了大量的秘色瓷,“器型有花口碗、葵口盘、小杯、执壶……其修坯之精细,釉面之润滑,造型之端庄,烧成之优良,折射出以釉色和造型取胜的时代风尚,足以代表唐末五代越窑制瓷工艺的最高水平。”

用匣钵烧秘色瓷,主要因素为:

^① 李军:《论越窑青瓷的装烧工艺》,载《东南文化》,2000 年第 3 期。

(1)匣钵、间隔具必须取与坯件形制相配套、质地相一致者,以保持其相等的收缩率,防止器物变形开裂,从而保证器物造型上的完整。

(2)装烧过程中密封程度好,匣钵接缝处封釉杜隔,以保证制品的烧造气氛,最终获得良好的釉面色泽效果。

东汉晚期窑具的出现,使越窑完成了从原始瓷进入成熟瓷器的重大变革,实现了制瓷史上第一次质的飞跃。唐代以后,匣钵的出现与应用及其所创制的风格独特的装烧工艺,使得越窑烧制出前所未有的“姿如圭璧,色如烟岚”、“嫩荷涵露”的秘色瓷,为千古诗人所传颂。

三 越窑青瓷的外销及其影响

越窑青瓷誉满天下。在唐代对外的经济、文化交往中,瓷器是一项重要的外销产品,唐代的外销瓷,以越窑青瓷、邢窑白瓷以及长沙窑瓷为主,其中越窑占有突出的地位。越窑青瓷不但风行亚洲各地,而且也进入了非洲。在亚洲的日本、菲律宾、马来西亚、印度尼西亚、泰国、印度、伊朗、巴基斯坦、伊拉克等地都发现有从中国运来的唐宋时期的越窑瓷器,如在日本的鸿胪馆遗址就发现越窑青瓷2500多个点片。在红海沿岸的苏丹古代港口埃得哈布(今哈拉伊卜)和非洲的东海岸,如肯尼亚的曼达地区、坦桑尼亚的基尔瓦也发现有唐末越窑的青瓷器。1973年,在浙江宁波和义路唐宋时代的渔浦门城市遗址中出土了700多件唐代瓷器,其中越窑产品最多,品种丰富,有盘、碗、罐、壶、盆、盂、洗、碟、盒、钵、杯、灯、盏等日用瓷,制作精美,釉色莹润,没有使用的痕迹。考古工作者将这批越窑瓷器与国外出土的越窑瓷器进行了对照,结果十分吻合,如宁波出土的敞口、玉璧底碗,就与伊朗和埃及出土的同类器物是一样的,表明这批越窑产品是准备运销海外的。宁波古称明州,唐宋时期,越窑瓷器除从明州

运往海外,也有的从扬州运出。

越窑青瓷的对外输出,对世界文明也产生了一定的影响。董忠耿先生在《论唐宋时期越窑青瓷的对外输出》一文中有如下的论述:

1. 越窑青瓷的对外输出,促进了一些国家生活习俗的改变。在越瓷未输入之前,亚非许多国家“饮食不用器皿”。如《诸蕃志》记载,流眉国(今马来半岛)“饮食以葵叶为碗,不施匙筋,掬而食之。”渤泥国(今文莱)“无器皿,以竹编、贝多叶为器,食毕则弃之。”自越瓷输入以后,这些国家和地区的人们才找到了理想的生活用具,从而改变了饮食的习惯。^①

2. 越窑青瓷的对外输出,促进了世界陶瓷工艺的发展。由于瓷器易碎,海上运输诸多不便,难以满足人们的需要,有些国家就由输入越瓷发展到仿制越瓷,于是越窑瓷器的制作技术也就随着瓷器的外销逐步地传到世界各地。

(1)唐宋时期的越窑青瓷曾被朝鲜半岛的高丽(今朝鲜)进行过仿制。高丽人在我国五代时期才学会仿制我国青瓷的技术,并在康津设立了瓷厂;公元10世纪前半叶,越窑的制瓷技术传到了朝鲜全罗南津等地,此后该地出现了大批与越窑极为相似的青瓷器。北宋人徐兢《宣和奉使高丽图经》卷三十二,在谈到当时高丽生产的瓷器时说:“有狻香炉……此物最精绝,其余则越州古秘色,汝新窑器,大概相类。”明确记载了高丽在仿制越窑的青瓷器,表明越窑青瓷的生产工艺已经对高丽瓷器的生产有一定的影响。^②

(2)在西方,仿制越窑瓷器最成功的是埃及。在开罗南郊的福斯塔特遗址中出土了大量的越窑青瓷以及与越窑相类似的、数量极多的青瓷,考古学家根据器型、釉色、胎质以及制作工艺,

①② 董忠耿:《论唐宋时期越窑青瓷的对外输出》,载《南方文物》,1994年第4期。

认为这些与越窑相似的青瓷器系埃及人仿制越窑的制品。^①

(3)越瓷的输出,对我国的海外交通和贸易起到了积极的推动作用,著名的“海上丝绸之路”的形成,越瓷的输出有着重要的贡献。

第二节 管形火器的出现与突火枪

火药是我国的“四大发明”之一,在唐代初年已经发明了火药的配方。据《中国军事史》一书所述,公元10世纪之初,火药已用于军事。路振《九国志》说,唐哀宗天佑初,郑番攻豫章(今江西南昌),“发机飞火”,把龙沙门烧了。据北宋初的许洞解释,“飞火”就是火炮、火箭之类的东西。这是我国历史上第一次把火药应用于军事的记载。由于火药从发明直到在军事上的应用有一个逐步发展的过程,所以直到北宋初年,以火药为原料制成的火器仍处在初步发展的阶段,北宋时仅有燃烧性火器,南宋时才进一步创制了金属爆炸性火器,并且开始出现以竹、木为体的射击性管形火器。^②

一 管形火器诞生的历史背景和条件

目前,我国学术界比较公认的看法是:我国最早的管形火器,是在南宋初年陈规守德安(今湖北省安陆市)时发明的一种火枪。据《宋史·陈规传》记载:宋·绍兴二年(1132年)六月,“李横围城,造天桥,填壕,鼓噪临城。”“会壕桥陷,规以六十人持火枪自西门出,焚天桥,以火牛助之,须臾皆尽,横拔砮去”。又据陈规、汤寿撰《守城录》一书记载,陈规“又以火炮药造下长竹

① 董忠耿:《论唐宋时期越窑青瓷的对外输出》,载《南方文物》,1994年第4期。

② 中国军事史编写组编:《中国军事史》,第一卷,《兵器》,北京,解放军出版社,1983年,114页。

竿火枪二十余条,撞枪、钩镰各数条,皆用两人共持一条,准备天桥近城,于战棚上下使用”。到实际交战时,“乃推出托杆,托住天桥,争一丈有余,不能到城,其战棚上下方,欲施用火枪、撞枪、钩镰之次”,“于城上推下火牛柴草”,“积在天桥脚下焚之”。^①对照上述引文,《守城录》中的记载相对来说要详细一些。从中可以看出,发生在南宋初年的这次德安城的攻防战中,进攻的一方(李横领导的攻城军队)采用的战术主要是:首先是填平德安城外的一段壕沟,然后将预先造好的“天桥”(一种比所进攻的城墙略高、又能移动、底部可能带有木轮的木构建筑物),推移到城墙脚下,士兵可乘设在该木构建筑物内的云梯攀援到城墙顶端攻城。同时,为了防止当时在战争中常用的兵器(如弓箭、刀、矛、抛石机等)的攻击,这种“天桥”的外面都围有牛皮、毛毯、棉被等物,以保护攻城的士兵在向上攀登的过程中不受或少受守城一方的攻击,减少伤亡,可见这种攻城用的设备要比云梯进步不少。同样,作为防守的一方(陈规领导的守城军队)来说,要想防止敌方攻城成功,首先就要防止敌方的“天桥”靠近城墙,同时要将“天桥”的上部尽快的摧毁掉,两者的目的是相同的:都是使攻城的士兵无法上到城墙上。正是在这种特殊的战争条件下,陈规才发明了我国最早的管形火器——火枪,并同时制造了“撞枪、钩镰各数条”,用于守城。撞枪的作用是用来撞击“天桥”的上部,使其结构破坏,使攻城的士兵无法经过“天桥”的上部攻到城墙上;钩镰的作用是用来撕开、钩掉围在“天桥”外面的牛皮、毛毯、棉被等物,使躲在“天桥”内向上攀援攻城的士兵暴露在守城一方的火力之下;而火枪的作用就是借助其喷射出的火焰燃烧“天桥”及攻城的士兵。与撞枪、钩镰相比,火枪的威力在

^① 《文渊阁四库全书》,台湾商务印书馆铅印本,上海古籍出版社,1987年,第727册202~203页。

短时间内要更大一些。

此外,这种火枪的出现还与当时战场上的如下情况有关:

守城的一方为了使敌方攻城不能成功,必须使敌方的“天桥”不能靠近城墙,陈规采用的战术是“乃推出托杆,托住天桥,争一丈有余,不能到城”,还有一丈多宽的间隔,攻城的士兵当然无法从“天桥”上跳到城墙上来。这样,对于守城的陈规来说,既要防止敌方的“天桥”靠近城墙,又要使自己一方的火枪、撞枪、钩镰等能起到作用,因此就必须加大这几种武器的长度,所以才采用长竹竿制造,而且是“两人共持一条”。长竹竿的使用为火枪的出现提供了先决条件。

二 有关的几个问题

以上就是陈规发明的火枪——我国最早的管形火器诞生的历史背景和条件。由此可以推测出如下几点:

1. 火枪的出现是当火药已经在军事上得到一定的使用之后发明的,它可能受到其他火器如火箭的启发。因为火箭是当时已经开始使用的一种武器,是一种将火药筒绑在箭竿上、点燃后用弓射出的武器;其药筒部分如果装上筒把,就是一件小型火枪。

2. 火枪的出现带有一定的偶然性。因为事前考虑的功能及实战时的作用都是为了燃烧距离城墙一丈多远的敌人的“天桥”及士兵,所以用长竹竿制成。而长竹竿又恰好是填装火药的好材料,将长竹竿的前半部分作为填装火药用,后半部分作为把手,就成为一件很好的火器。实际战争中的需要对火枪的发明起到了催化作用。

3. 这种火枪所用的长竹竿,为毛竹制成,其长度应在6~8米左右,否则不必“两人共持一条”。为了防止烧裂或炸裂,毛竹的表面可能采用绳索加固。其前端填装火药部分的长度已无法考证了。

4. 这种火枪中火药的填装密度比较小,应为预先点燃后再伸向敌方的“天桥”与士兵,这样喷出的火焰能起到燃烧的作用。因该种火枪是用毛竹制成,可以肯定它是“一次性使用品”。

5. 据《守城录》记载,当时李横的军队围攻德安城已经有 70 天左右,在陈规使用火枪等武器的反击下很快就撤退了。可以说,火枪在战斗中所起的作用是比较大的,也是敌人未曾预料到的,所以在初次使用中就发挥出较好的效果。

6. 陈规发明的这种管形火器,虽然其内部没有填装“子弹”,还不是真正的射击性管形火器,但在构造上已经具备管形火器的雏形,在兵器发展史上具有重要的意义。宋理宗开庆元年(1259 年),寿春府(今安徽省寿县)人创造了一种叫做“突火枪”的管形火器(图 4—1)。它是采用毛竹作枪筒,一端封闭,外表可能用绳索捆扎加固,内装火药和“子窠”;燃烧时先喷出火焰,火焰尽后,“子窠”发出,响声如炮,远闻 150 余步。据考证,“子窠”可能是瓷片、碎铁子、石子之类的东西,是后来管形火器使用弹丸的先河。这种“突火枪”虽然很原始,但是它已经具备了射击型管形火器的三大基本要素身——管身、火药和子弹。



图 4—1 突火枪示意图①

然而从制造技术上看,这种“突火枪”正是在陈规发明的火枪的

① 中国军事史编写组编:《中国军事史》,第一卷,《兵器》,北京,解放军出版社,1983 年,114 页。

基础上发展起来的。到了 14 世纪,元代人在南宋发明的“突火枪”的基础上,进一步制成了金属管形火器,开创了近代枪炮的先河。新中国成立后,在我国发现的元代至顺三年(1332 年)制造的一具铜火铳,是目前世界上已经发现的最早的一具金属管形火器。

陈规发明的这种管形火器不仅是我国,也是世界上第一次出现的原始管形火器。它诞生在南宋时期的江汉大地上并不是偶然的,而是有着一定的基础条件。我们知道,制造火器的主要材料之一是火药,而火药的原料硝、硫、炭等在湖北都有丰富的储藏,所以在宋代,湖北一些地区火器制造能力是比较大的。例如,南宋大臣李曾伯于宋理宗宝祐五年(1257 年)去静江(今广西桂林)调查兵备,在其报告中说,荆州(今湖北江陵)每月能造铁火炮一二千只。丰富的火药资源为德安守城战中火枪的出现提供了一定的条件。

第三节 水法炼铜——胆铜法与张潜碑

一 水法炼铜的原理

水法炼铜,是相对于火法炼铜而言的。其基本原理是:化学性质相对较为活泼的金属铁能以从含有铜离子的水溶液中将化学性质相对较为不活泼的铜置换出来,再经熔炼后得到金属铜。因为首先是从水溶液中得到金属铜的,所以称之为水法炼铜。

水法炼铜,在我国古代又称之为“胆铜法”或“浸铜法”。因为含有铜离子的水溶液在我国古代称之为胆水,所以就有了胆铜法的称谓;又因为此法是将金属铁浸在胆水中来得到铜的,所以又有了浸铜法的称谓。

胆水,一种含有硫酸铜的水溶液,因为其味苦涩,类似于动

物的胆汁一般,所以叫做胆水。我们知道,自然界中铜主要以其硫化物即硫化铜的形式存在,硫化铜在长期的风化雨淋过程中会被氧化而生成硫酸铜;含有硫酸铜的水溶液汇成山泉流出,就是胆水。

二 水法炼铜的历史

在我国,胆铜法的渊源可以追溯到西汉时期,西汉淮南王刘安主撰的《淮南万毕术》中有“白青得铁,即化为铜”的记载;东汉时成书的《神农本草经》中也有“石胆……能化铁为铜”记载;东晋葛洪在《抱朴子·内篇·黄白》中也提到“以曾青涂铁,铁赤色如铜,……而皆外变而内不化也”;唐代后期的炼丹家金陵子在其所著的丹书中,记载了用水银与少量水在平底铁锅中加热后放入胆矾而炼出金属铜的方法。这里所说的“白青”、“曾青”、“石胆”、“胆矾”等,都是指自然生成的铜的硫酸盐与碳酸盐等矿物。

胆铜法的发现虽然很早,但将其发展成一种实际生产中的炼铜方法却经过了漫长岁月,直到北宋时期,我国才逐步出现规模比较宏大的胆水炼铜场。

三 《浸铜要略》与张潜碑

北宋哲宗时期(1086~1100年),江西饶州府精通胆铜法生产的技术能手张潜根据前人的长期经验、结合自身的生产实际,总结出一整套比较完善的胆铜法炼铜工艺,撰写成《浸铜要略》一书。据宋代王象之《舆地纪胜》一书记载:

饶之张潜通方伎,得变铁为铜之法,使其子诣阙献之,朝廷行之。饶之兴利、韶之涿水,皆其法也。

可见这部书对于改进与提高胆铜法炼铜的生产工艺具有相当重

要的实用价值,对宋代胆铜业的发展起了很大的促进作用。到了元代,张潜的后裔张理于至正十二年又将该书献于朝廷:“献其先世《浸铜要略》于朝,宰相认其书有益经费,为复置兴利场。”张理也被“授理为场官”,并请危素写了一篇《浸铜要略序》,收在《危太朴集》中。可惜的是,《浸铜要略》一书早已失传,我们今天只能通过危素的《浸铜要略序》得知该书缘由之大略。如,危素称赞该书所述的胆铜法具有“用费少而收功博”的优点。^①

《浸铜要略》一书虽然早已佚失,十分可惜,但在 20 世纪 70 年代,江西德兴吴园村农民在改造土地时发现了张潜的墓碑,据陈定荣《德兴张氏世家的两方碑碣》一文介绍,碑石 144 厘米见方,共有 3600 余字。据碑文可知,张潜,字明叔,饶州德兴(今江西德兴)人,张潜“尝读《神农书》,见胆矾水可浸铁为铜,试之信然。曰:‘此利国术也,命其子甲献之,朝廷下其法,诸路岁收铜数百万。论功推赏,授甲三班差使,减三年磨勘。或疑赏薄者。公曰:‘此古人绪余耳,清朝一命宁可得耶?’”据危素《浸铜要略序》中记载,此书系张潜在绍圣年间撰写的。^②

沈括《梦溪笔谈·胆矾炼铜》中记载:

“信州铅山县有苦泉流以为涧。挹其水熬之,则成胆矾。烹胆矾则成铜,熬胆矾铁釜,久之亦化为铜。

这表明,当时德兴一带具有胆水炼铜有利条件;张潜就是处于这种环境下,通过自身的经验总结而撰写出《浸铜要略》一书的。据《浸铜要略序》介绍:

盖元祐元年(1086 年)或言取胆泉浸铁,取矿烹铜。其泉

①② 陈定荣:《德兴张氏世家的两方碑碣》,载《江西文物》,1991 年第 1 期。

三十有二,五日一举洗者一,七日一举洗者十有四,十日一举洗者十有七。

由此得知,当时的江西兴利场有32处胆泉,而且各个胆泉所含的胆矾浓度是不完全相同的。同时,我们也据此看到,张潜的《浸铜要略》中已经能够测定各个胆泉的浓度高低,并能根据不同浓度的胆水来确定浸铁的时间,这在当时是十分先进的。也正是因为张潜掌握了胆水炼铜的先进技术,其本人及家族取得了巨大的经济效益。据张潜碑记载:

“张氏德兴望族,内外数千指,宾客憧憧,饮食宴乐无有虚日”。“爱汉长沙王故里山水清旷,乃即其铸印墩为归藏之所。而构第其下,规划宏壮,内外数百楹。并南山凿池筑台,亭馆棋列,中为大道。绵亘数里,夹以松桧,环植嘉木数万株。

……崇宁寺建,首输钱五十万”。

张潜及其家族,能有这样大的经济能力,正是由于他们掌握了在当时比较先进的胆水炼铜法,并善于经营而得来的。^①

据《宋会要辑稿·食货一一之三》记载,当时一种比较先进的胆水炼铜的方法是:

浸铜之法:先取生铁打成薄片,目为钢铁,入胆水槽,排次如鱼鳞,浸渍数日,铁片为胆水所薄,上生赤煤,取出刮洗,赤煤入炉烹炼,凡三炼方成铜。其未化铁,却添生铁片,再下槽排浸。

由于将铁打成了薄片并排成鱼鳞状,增加了胆水与铁的接触面

^① 陈定荣:《德兴张氏世家的两方碑碣》,载《江西文物》,1991年第1期。

积,也就是增加了胆水中的铜离子与铁原子相互交换的化学反应速度,从而增加了生产的效率;又因为铁为薄片,表面平整,利于铁片表面所生成的金属铜的刮取,提高了产品的质量。正是由于比较先进的胆水炼铜法的大规模应用,使得当时胆铜的产量大增。据《宋会要辑稿·食货三三之十八》记载:

崇宁二年“饶州兴利场胆铜五万一千二十九斤……信州铅山场胆铜三十八万斤;池州铜陵县胆铜一千三百九十八斤;韶州岑水场胆铜八十万斤;潭州永兴场胆铜六十四万斤;婺州永康县胆铜二千斤”。

也就是说崇宁初六个胆铜场的定额为187万多斤,占当时东南诸路、州铜产量的25.84%,约占当时全国铜产量的12%,胆铜的生产已经相当可观了。

四 胆铜法与淋铜法

《宋史·食货》“坑冶”记载:

崇宁元年,提举江淮路铜事游经言:“信州胆铜古坑二:一为胆水浸铜,工少利多,其水有限;一为胆土煎铜,土无穷而为利寡。”

崇宁元年,即公元1102年,已是北宋后期,虽然胆水炼铜“式少利多”,能大量生产铜,但“其水有限”,经过长期地、大规模地开采之后,胆水资源会越来越来少。在此种情况下,另一种水法炼铜的方法——淋铜法得到了较多的应用。我国南宋时期的著名学者洪咨夔(1176~1236年)所撰写的《大冶赋》(撰写于1202~1213年之间)一文中,以文学的语言对饶州(今江西上饶等地)

一带的胆铜法、淋铜法的生产进行了记述,现摘录如下:

1. 浸铜法^①

其浸铜也,铅山兴利,首鸠孱功。推而放诸,象皆取蒙。辨以易牙之口,胆随味而不同。青涩苦以居上,黄醢酸而次中。鉴以离娄之目,泛浮沔而异容。赤间白以为贵,紫夺朱而弗庸。

这一段的意思是:浸铜法最早是从饶州铅山场开始应用的,然后再推广到其他各铜矿场。浸铜之前要先观察胆水的颜色,尝一尝胆水的味道,以决定胆水的质量。

陂沼既濬,沟隧斯决。……量深浅以施漕,随疏密而制闸。

浸铜用的胆水要合理安排使用,经过不同的沟渠与闸门进入到深浅不同的浸铜槽中。

乃破不鏖之釜,乃碎不湘之绮。如鳞斯布,如翼斯起。……变浊为沫,转涩为髓。

将破碎的铁器有规律地排列在浸铜槽内,“如鳞如翼”,使之充分地胆水接触,增加化学反应的效率,使胆水中的铜最大限度地被铁置换出来。

或决下簞,自凝珠蕊,且濯且渐,尽化乃化。投之炉锤,遂成粹美。

^① 转摘自李延祥:《“大冶赋”中的有色冶金技术》,见北京科技大学:《冶金史论文集·二》,《北京科技大学学报增刊》,1994年,68~70页。

将沉积在铁器表面的铜刷洗下来,放入熔炉中就可以炼出金属铜。

2. 淋铜法^①

其淋铜也,经始岑水,以逮永兴。……土抱胆而潜发,屋索洵而亟乘。

淋铜法是岑水场最早使用的,然后永兴等场也使用了。开采含有胆土的矿物,一般说来是一些贫矿,既有氧化矿,也有硫化矿,这些贫矿大都是露天开采,较容易得到。

辇运塞于介蹊,淹积高于修楹。日愈久而磁力,矾既生而细砣。

将开采来的矿土堆在一起进行低温焙烧,淹,是用火焙烧之意。低温焙烧使硫化矿变成氧化矿,堆放的时间越久,氧化矿的含量越大,即是矾的含量越多。

勇抱瓮以潺缓,驯翻瓢而滂漉。分酹淡于淄绳,别清浊于泾渭。

用水浇淋这些胆土,这就是淋铜法名称的由来。浇淋后流出来的胆水,其胆矾的含量是不同的;一般说来,开始时浓度大,浇淋一段时间后浓度就小了。根据胆水的浓度不同分别放进不同的浸铜槽中,与胆铜法一样。

^① 转摘自李延祥:《“大冶赋”中的有色冶金技术》,见北京科技大学:《冶金史论文集·二》,《北京科技大学学报增刊》,1994年,68~70页。

左挹右注,循环不竭。……促铁往铜来,锡至铅续。

淋出的胆水不断地在浸铜槽中往复浸渍,铁被化去,铜沉积在铁器的表面。而且用锡或铅代替铁,也可以置换出铜来。

可见,淋铜法是胆铜法的延伸,是在胆铜法的基础上发展起来的,它们都属于水法炼铜的范畴。特别值得注意的是:在南宋时期,已经采用了锡或铅来代替铁在浸铜槽中置换铜,这是一种进步,也是符合现代化学理论的。

第四节 我国早期的矿冶专著 ——《大冶赋》

一 《大冶赋》简介

《大冶赋》是迄今所见我国历史上能以完整地保存下来、目前所知最早的矿冶专著。“赋”,是我国古代文学中的一种体裁;“大冶”,是矿冶业比较繁荣的一种反映。因此,从根本上来说,《大冶赋》是一篇记载、描述古代矿冶业情况的文学作品,将其称之为矿冶专著,是因为其全部内容都是有关矿冶方面的。需要指出的是:由于“赋”这种体裁的限制,《大冶赋》中辞藻华丽、古奥,多有夸张、类比、隐喻的叙述;加之作者不是矿冶方面的专家,表面现象记述得多,对于一些比较关键的技术细节未做具体、明了的描述,这对于今天的矿冶史研究来说增加了一定的困难。

关于《大冶赋》的作者洪咨夔,据《宋史·列传》卷一六三记载,洪咨夔字舜俞,号平斋,南宋临安於潜(今浙江省临安市)人,嘉定二年(1209年)进士,授如皋主簿,寻试饶州教授,后入朝,曾任多种官职,著有《平斋文集》等作品传世。《大冶赋》被列为《平斋文集》中的第一卷第一篇,足见作者本人也十分看重该文

的。据李延祥先生在《“大冶赋”中的有色冶金技术》一文中考证,“嘉定二年进士”实为“嘉泰二年进士”之误,并根据《大冶赋》中的序言“余宦游东楚,密次冶台,职冷官闲,有闻见悉纂于策,垂去,乃辑而赋之。其词曰:……”认为该赋是洪咨夔在“寻试饶州教授”的10年间(1202~1213年)主要在江西等地考察各处矿冶业的见闻录的基础上撰写而成的。^①

《大冶赋》中除去前面已经引述过的简单序言之外,正文约有2600多字,按顺序可以分为五个部分:

1. 概述远古至宋代矿冶业之沿革、分布状况、有关机构及采冶之重要性。
2. 黄金的开采与熔铸。
3. 银的开采与冶炼。
4. 铜矿的开采与冶炼。其中包括黄铜矿的开采、冶炼,胆铜法与淋铜法。
5. 铸钱。

二 《大冶赋》中记载的矿冶技术

《大冶赋》中有关胆铜法与淋铜法的内容,在上一节中已经引述过,在此不再重复。

李延祥先生在《“大冶赋”中的有色冶金技术》一文中,对《大冶赋》中的采金、炼银技术有较详细的论述,现摘录如下:

1. 采金技术^②

《大冶赋》中所描述的采金的技术可分为两部分:

(1)“但见汰金有州,淘金有岗,……乐安精缪,胎瑞坑谷。

①② 李延祥:《“大冶赋”中的有色冶金技术》,见北京科技大学:《冶金史论文集·二》,《北京科技大学学报增刊》,1994年,68~70页。

浚奇磧以采摭，画单沙而披漉。大如落箕之豆，小如脱秕之粟，轻如麸之去乞，细如土之生曲。澄之汰之，俟伸蒲掬。”

这部分无疑描述的是沙金的淘洗过程。“乐安精繆，胎瑞坑谷”一名意义，有研究人为是描述脉金矿的金苗。笔者认为，从上下文来看，这句话可能有两种意义。第一种可能指采掘冲积层下沙金矿，“坑谷”是指在冲积层中开掘的淘金井。第二种可能指沙金之“胎”在“坑谷”，即沙金是由脉金发展而来。这一点如能成立则无疑是金矿床认识方面的大发展。

(2)“渠阳泽铤，毓奇溪洞。寻苗罽为之遂，破的坛壁壅。欣以火则流脂铁笼之烈，淬以水则春糜铅杵之重。”

这一部分叙述才是脉金的开采过程，“毓”是育之意，“毓奇溪洞”是指脉金矿苗的产状。可能是由于赋的格式要求，这部分后四句中每两个对仗的句子所描述的操作前后倒置了。正确的操作顺序应是“破的坛壁壅，寻苗罽之遂。淬以水则春糜铅杵之重，欣以火则流脂铁笼之烈”，反映了金矿石的开采、磨碎、淘选、熔铸的全部过程。需要指出的是，“罽”意为一种毛织品，表明脉金的淘洗技术使用了某种毛织品，可能类似现代土法淘金用来铺设溜槽的毛毡，能淘取粒度较小的金颗粒，这似乎又表明沙金和脉金的淘洗方法是有区别的。

2. 炼银技术^①

《大冶赋》中关于炼银的记载，可分为四部分：

(1)“以至于银城有场，银斜有坑，银玉有塢，银嶂有山。……立岩墙而弗顾，慨恂利以忘安。龙路深入，阁道横蹶。篝灯避风而上照，梁杠插水而下压。庠枵深弃这腹，炮渤骈石

^① 李延祥：《“广大冶赋”中的有色冶金技术》，见北京科技大学：《冶金史论文集·二》，《北京科技大学学报增刊》，1994年，68～70页。

之胁，捷跳蛙其不系，磔苍髯而可蹶。”

这部分描写的是采矿过程，涉及采矿时的照明、支护、提升、开采等技术和矿物的产出形状。……“炮渤骈石之胁”是指用“火爆法”开采矿石。……可能指的是辉银矿(Ag_2S)。

(2)“碓山藉矿而殷雷，淘池搅粘而飞霰。流影倒烛，星星哗哗。”

这一部描述的是选矿过程。……破碎磨细的矿石经过淘池的淘选，去除脉石，得到精矿。

(3)“烧窑熟盒，炉裂……”

……辉银矿经焙烧，脱去硫，银大部分以单质状态存在，小部分以硫酸银形式存在。

(4)“炉裂铅驼，沸灰窠发。气初走于烟云，花徐翻于霜雪。”

这一部分是《大冶赋》关于炼银记载的最重要部分，表明当时使用了灰吹法提银工艺。“炉裂铅驼”指从炉内放出富集了银的铅液并凝成含银铅驼，前述焙烧后精矿中的银被铅收集并和铅一道与脉石等形成的少量炉渣是这一工序的实质。“沸灰窠发”指的是将含银铅驼投入灰窠中开始煽火灰吹，“气初走于烟云，花徐翻于霜雪。”则生动形象地描述了铅被氧化渗入灰中，最后剩下雪白色的液态银的提炼过程。

3. 火法炼铜技术

李延祥先生在另一篇论文中对《大冶赋》中的火法炼铜技术有较详细的论述，现摘录如下：

《大冶赋》是目前所知年代最早的记载硫化矿石火法冶炼成冰铜的文献。……《大冶赋》关于火法炼铜技术的记载可分

为四部分。^①

(1)“其为黄铜也，坑有殊名。……矿纹异彩，乍纯遂驳。熏苗殊性，欲断还络。乌胶缀，金星烁。蕝花淡，丹砂渥。鼠结聚团，鸡焦散泊。次饵膏油，英润濯濯。宿炎炆而脆解，纷削厥而巧斩。……”

这一段记载的是采矿过程。“矿纹异彩，乍纯遂驳。熏苗殊性，欲断还络”描述的是矿脉延伸的情况及用火熏烤矿脉，根据矿物与脉石的不同变化来判断矿脉走向的方法。“乌胶缀，金星烁。蕝花淡，丹砂渥”描述的是矿物色泽方面的特征，有黑色的、金黄色的、红色的……。“鼠结聚团，鸡焦散泊。次饵膏油，英润濯濯”生动形象地描述了矿物在矿脉中的赋存形态……“宿炎炆而脆解，纷削厥而巧斩”描述的是矿石开采方法，矿脉要经过一夜的烘烤，使之发脆解理，然后由人工用工具开采出来。这是历史久远的“火瀑法”采矿技术。

(2)“徒堆阜于平陆，直岑楼于炉步。喜炭周绕，喜薪环附。若望而燎，若城而炬……”

这一段描写的是对矿石的焙烧过程。开采出的硫化矿石像小山一样堆积在平地上，周围垒积干柴木炭进行焙烧……从“周绕”、“环附”字样看，矿石并没有与柴炭混合，焙烧将主要靠反应本身放热来维持。……因此，硫化矿石不会被烧死，仅脱去一部分硫。

(3)“始束纆于毕方，旋鼓鞀于臆怒。……石迸髓，淪流乳。江锁融，脐膏注……”

这一段是《大冶赋》关于火法炼铜记载中最重要的部分，也是硫化矿石的冶炼过程。

(4)“排烧而油溜倾，吹拂而翻窠露”的最后一句表明宋代已

^① 李延祥：《从古文獻看长江中下游地区火法炼铜技术》，见北京科技大学：《冶金史论文集·二》，《北京科技大学学报增刊》，1994年，94～96页。

能从铜中提炼银，古人从铜中提银的方法是加铅提银，即向铜中加入铅，铅捕集铜中的金银并沉入炉底，脱去金银的铜液则在铅液之上，与铅液不相溶解。含金银的铅液放出炉外与铜液分离，即可用灰吹法将金银提炼出来。“吹拂而翻窠露”描述的正是灰吹法提银的过程。

从冶炼后期加铅提银的事实看，硫化矿石火法炼铜技术在宋代已是完全成熟的炼铜工艺。^①

三 《大冶赋》的历史意义

对于《大冶赋》的历史意义，何堂坤先生认为至少应包括以下几个方面：

1. 较详细地记述了硫化矿之开采、焙烧、冶炼、提纯的全过程。《宋会要辑稿》虽也提到硫化矿焙烧，但十分简单。

2. 把湿法炼铜区别为“浸铜”和“淋铜”两种操作。说明了宋代湿法炼铜之发展，也是人们认识上的一大进步。

3. 提到了锡、铅可以像铁那样把铜从胆水中置换出来，这在生产上虽无实际意义，但却是人们在认识上的一次扩展。

4. 提到了“火爆法”采矿。

5. 提到了用风车和水轮来磋磨、清洗坯钱：“液爱泻于兜杓，匣遂明于模印。绝之落落，贯之磷磷。磋之以风车之绷扎，辘之以水轮之砰隐。缙纲涓拭，虚核摩循。肉好周廓，坚泽精紧，文劲银钩，色莹玉填。既刮垢以磨光，始结缙而就准。”此一、二句说浇铸，第三、四句说脱型，第五、六句及其之后所说便是坯钱之加工。从上下文看，此“风车”、“水轮”应当是利用风

^① 李廷祥：《从古文献看长江中下游地区火法炼铜技术》，见北京科技大学《冶金史论文集·二》，《北京科技大学学报增刊》，1994年，94～96页。

力、水力作动力的加工装置,这是迄今所知我国风力加工机械的最早记载。昔日一般认为,我国风力机械是明代才出现的。^①

第五节 卓筒井——四川井盐开采技术的重大进步

四川,“天府之国”,盛产井盐,四川的自贡市被誉为“盐都”,这都是世人皆知的。四川盛产井盐,是由于其地下蕴藏着丰富的盐矿。根据有关地质资料分析,在距今一亿八千五百年前的中生代三叠纪时代,四川盆地被沟通大西洋和太平洋的古地中海海水所淹没,后来经过许多次海浸和海退作用,便产生了盐卤和盐岩,这就是四川蕴藏丰富盐矿的地质原因。也是由于地质的原因,四川产盐区的盐层形态有几种不同的类型:一种称之为黄卤,盐分含量约为13%左右,埋藏较浅,便于开采,因含有较多的氧化铁,呈黄色,所以称为黄卤。第二种称之为黑卤,盐分含量约为18%左右,埋藏较深,因含有有机物和硫化物,呈黑色,所以称为黑卤。第三种称之为岩盐,盐分含量约为25%,埋藏最深。^②

一 盐井的历史

四川的的盐井是如何出现的呢?《华阳国志·南中志》中记载:“连然县有盐泉,南中共仰之。”一些埋藏在地下的盐矿矿脉在地表露头,如从岩石深处流出的盐泉、偶然露出地表的盐岩等,总会引起人们的注意。在长期利用天然盐泉或盐岩的过程

^① 何堂坤等:《纺织与矿冶》,上海人民出版社,1998年,444页。

^② 刘春源等:《我国宋代井盐钻凿工艺的重要革新——四川卓筒井》,载《文物》,1977年第12期。

中,人们发现了较浅的地下盐卤等矿藏,于是采用了人们早已掌握的凿井采矿的技术来开采地下卤水,这应该是盐井出现的主要原因。

《华阳国志·蜀志》记载:

秦孝文王(当为秦昭襄王)以李冰为蜀守,冰能知天文地理……又识齐(卤)水脉,穿广都(今四川双流县境)盐井、诸陂池,蜀于是盛有养生之饶焉。

这是我国古代文献中有关井盐的最早记载,《水经注》中也有类似的记载。所以,目前学术界一般都认为我国古代井盐开采技术约出现于战国时期,最早出现于今天的四川一带。

古代的盐井以四川为最多,另外在陕西、甘肃等地也有分布。早期的盐井可能是采用挖水井或矿山凿井的方法挖成的,凿井技术都简单。《水经注·江水》中记载:

南浦侨县西,溪映侧盐井三口,相去各数十步,以木为桶,径五尺,修煮不绝。

以木为井壁的加固材料,与春秋战国时期楚国的木圈井(水井的一种)及开采铜矿时的竖井的开凿技术几乎完全相同。相对于后来的“卓筒井”井口(井口直径一般只有八九寸)来说,早期的盐井井口都比较大,也比较浅,所以称之为大口井。后来,为了增大卤水的取水面积,盐井不仅挖得越来越深,井口也都挖得比较大。何堂坤等指出:

入唐之后,出现了一批深数十丈的大口井,其中最负盛名的是陵州井。《元和郡县志》卷三十三云:“仁寿县陵井纵广三

十丈,深八十余丈,益州盐井最多,此井最大,以大牛皮囊盛水引出之。”依唐1尺为今0.299米计,其宽30丈便是89.7米,深80余丈便超过239.2米。北宋张君房《云笈七签》卷一一九引唐杜光庭《道教灵验记》云:“今陵州盐井,直下五百七十尺,透两重大石,方及咸水。”可见陵井规模是较大的。^①

夏湘蓉等指出:

宋释文莹所著《玉壶清话》卷三中,有一段关于陵井井筒结构的记载,甚为简要。原文是:“陵州盐井,旧深五十余丈,凿石而入。其井上土下石,石之上凡二十余丈,以梗楠木四面锁迭,用障其土。”陵井在唐龙朔元年(661年)崩坏,修复后,后蜀广政二十三年(960年)“井口摧圯,后井复塞”。宋初,陵井通判贾瑛修复陵井时,动用“引钐数百人”^②。

从以上所述可知,在四川,大口盐井从战国时期出现直到北宋初年的一千三百多年间,虽然凿井技术上有了一定的进步,所凿之井又深又大,但从技术范畴来说,当时大口盐井的凿井技术仍然与水井或矿井挖掘技术基本相同,并无突破性的进展,如陵井的支护仍然是采用楠木井架。这种大口盐井存在着如下的缺点:

1. 开凿技术比较原始,费工、费料、费时。宋代贾瑛修复陵井都需“引钐数百人”,可见工程之巨大。

2. 由于大口井井口面积大,给井壁的支护带来了很大的困难,如著名的陵井在历史上就崩塌过多次。

3. 更重要的是,由于大口井井口很大,井壁的支护无法做到密封。这样,地下水很容易透过井壁的支护层流入盐井中,稀释

① 何堂坤等:《中华文化通志·纺织与矿冶志》,上海人民出版社,1998年,235~236页。

② 夏湘蓉等:《中国古代矿业开发史》,北京,地质出版社,1980年,373页。

卤水的浓度,甚至造成盐井的报废。虽然可以采取一些堵塞地下水的措施,但费工费时,有时效果也不甚理想。

在四川,北宋初年出现的“卓筒井”正好弥补了大口盐井的上述缺点,它一出现,很快就得到了推广。

二 卓筒井的出现

卓筒井,是北宋初年在四川出现的一种盐井。卓筒井就是“竹”筒井;此外,“卓”还有直立的意思,表示这种盐井是比较直的。

夏湘蓉等指出:

“卓筒井”的凿井技术于北宋庆历年间(1041~1048年)出现于今五通桥盐区的井研盐田。北宋文同《丹渊集》卷三十四,《奏为乞差京朝官知井研县事》:“盖自庆历以来,始因土人凿地为植井,谓之卓筒井,以取咸泉,鬻炼盐色。后来其民尽能此法,为者甚众。……(井研县)与嘉州并梓州路荣州疆境甚密,彼此亦皆有似此卓筒井盐者颇多,相去尽不远三、二十里,连溪接谷,灶居鳞次。”据此,可见卓筒井一出现,由于技术先进,适应当时生产的需要,很快就在川西、川北等盐区推广。

苏轼《东坡志林》卷四记载:“蜀去海远,取盐于井。陵州井最古,涪井、富顺监亦久矣。惟邛州蒲江井乃祥符(1008~1016年)中民王鸾所开,利入至厚。自庆历、皇祐(1049~1054年)以来,蜀始创用筒井,用圆刃凿如腕大,深者数十丈。以巨竹去节,牝牡相銜为井,以隔横入淡水,则咸泉自上。又以竹之差小者,出入井中,为桶无底而穿其上,悬熟皮数寸,出入水中,气自呼吸而启闭之,一桶致水数斗。凡筒井皆用机械,利之所在,人无不知。”根据这条史料,可见北宋中期川西一带几所著名的巨大口盐井,产量已衰。只有个别新开的大口井,“利入至

厚”。至于“筒井”，则“利之所在，人无不知”^①。

三 卓筒井的施工技术

明代万历(1573~1620年)年间，四川射洪县人马驥撰写了《盐井图记》一文，比较详细地记述了卓筒井的施工技术，可惜该文已佚。马驥的《盐井图记》虽然记载的是明代卓筒井的施工技术，但其基本内容也反映了北宋时期卓筒井的开凿工艺。夏湘蓉等根据明代顾炎武《天下郡国利病书·蜀中方物记·井法》中所引用的《盐井图记》原文，“分段标题，录出如下”^②：

近世射洪士人马驥撰《盐井图记》云：盐井其来久矣。先世尝为皮袋井，围径三五尺许，底有大塘，利饶课重。工力浩巨，非一载弗克竣。今皆湮没殆尽，不可考。民循故业以纳课，率多从竹制，其施为次第，在井匠董之。

1. 勘察井位

凡匠氏相井地，多于两河夹岸，山形险急，得沙势处。

2. 开井口、立石圈

鸠工立石圈。尽去面上浮土，不计丈尺，以见坚石为度，而凿大、小窍焉。大窍，大铁钎主之；小窍，小铁钎主之。钎一也，大钎则有钎头，扁竟七寸，有轮锋，利穿凿。

①② 夏湘蓉等：《中国古代矿业开发史》，北京，地质出版社，1980年，375~380页。

3. 竖井架、凿大窍

兴井日，此口旁树两木，横一木于上。有小木滚子，以火掌（箴）绳钎末，附于横木滚子上。离井六七步为一木，纠火掌箴而耦春之滚竹运钎，自上下两乘矣。匠氏掌钎箴坐井旁，周遭围转，令其窍圆直。初则灌水凿之，及二三丈许，泉蒙四出，不用灌水。无论土、石，钎触处俱为泥水。

4. 清孔

每凿一二尺，匠氏命起钎。用筒竹一根，约丈余，通节，以绳系其梢，筒末为皮钱，掩其底。至泥水所在，匠氏揉绳，皮欹（倾斜）水入，挹满搅出，泥水渐尽，复下钎凿焉。

次第疏凿，不计工程力，大较至二三十丈许，见红石岩口，大窍告成矣。

5. 下套管

遂议下竹。竹有木竹、革竹二种。木竹取坚也，剥木二片，以麻合其缝，经油灰蚌其隙。革竹出马湖山中，亦以麻裹之。木竹末为大麻头，累累节合。下尽全竹，四渍淡水障阻，不能浸淫。（作者注：北宋时，套管皆以巨竹为之。“剥木二片，以麻合其缝”是北宋以后发展的结果。）

6. 凿小窍

乃截去大钎头，用钎梢凿小窍，法如大窍然。凿至二十丈，中见白沙数丈，有盐水数担，名曰腰脉水，去盐水不远。寻凿

之，而盐水涓涓自见也。

水有广水，昼夜力汲不竭，然味近淡；有咸水，昼夜计有数，然味亦不齐。有一担而煮盐五六斤者，有八九斤至十二三斤者，顾迂何如耳。

7. 建井架

厥工既就，始树楼架，高可似敌楼，上为天滚，有轱辘。

8. 吸卤

制简索吸水，如前吸泥水法，而枢轴则管于车床也。床横木为盘，盘有两耳，作曲池状，左右低昂逆施，左揖地右伸，右揖地左伸，循环用力，索尽简出。盐水就灰色拔水，而煎烧有绪矣。

9. 动力

转轱辘者，盖三人为之。力厚者则制牛车。车状大，力逸而功倍矣。（作者注：使用牛车，也是北宋以后发展的结果。）

《盐井图记》中除上述内容外，还有有关凿井过程中一些事故的处理方法，如钻头（即文中的“钎”）掉到井下时如何进行捞取等记载。

夏湘蓉等还指出：

马骧所著《盐井图记》，必然是根据盐田现场的实际调查资料写成的。……上述《盐井图记》的记载，井深四五十丈，约合121~151米，这可以认为是符合当时川北盐区的实际

情况的。^①

这是明代川北盐区的情况,在宋代,卓筒井的深度一般都在十余丈或二十余丈左右,深度达四五十丈的盐井是较少的。

四 卓筒井的工艺特点

1. 卓筒井的井口直径都比较小,一般不足一尺,仅为八九寸,比较接近现代盐井的口径,其深度可达数十丈到百余丈。井口直径小,不仅可省工省力,便于向深处开凿,更重要的是便于地下水的防止等,使盐井开凿的成功率大为增加。

2. 开凿卓筒井时所使用的工具被称之为“圜刃”,可能是一种类似于明清时期及近代所用的“转槽子”、“银锭锉”等钻头的工具,属于一种冲击式顿钻钻头;在北宋之前的文献中从未见过记载,它也是北宋以后在盐井开采中所使用的各种顿钻钻头的先驱。“圜刃”,是世界技术史上第一次使用的钻头,它的出现开创了西方冲击式顿钻钻井的先河,被誉为现代“石油钻井之父”。^② 图4—2即为明清及近代四川盐场所用部分凿井工具图。^③

3. 以巨竹去节,使其中空,头尾相连放入井中,构成了人工井壁,有效地防止了井壁的坍塌,延长了盐井的使用寿命;更重要的是竹管的放入能够防止地层内地下水(淡水)的渗入,保证所吸取的盐卤的质量。它是世界技术史上首次使用的套管隔水的技术方法。

4. 用小于井口口径的竹筒作为吸取卤水的工具,用熟牛皮在竹筒下部制成单向式的阀门,入水则张,出水则闭,吸取卤水

① 夏湘蓉等:《中国古代矿业开发史》,北京,地质出版社,1980年,380~381页。

② 刘春源等:《我国宋代井盐钻凿工艺的重要革新——四川卓筒井》,载《文物》,1977年第12期。

③ 夏湘蓉等:《中国古代矿业开发史》,北京,地质出版社,1980年,384页。



图4—2 明清及近代四川盐场所用部分凿井工具图

1. 转槽子 2. 鱼尾铤 3. 银锭铤

比较方便，一次可吸取数升卤水。这种具有单向阀门的吸水管，也是我国机械技术史上的一大发明。^①

^① 刘春源等：《我国宋代井盐钻凿工艺的重要革新——四川卓筒井》，载《文物》，1977年第12期。

5. 在盐井井口架设了井架,上置滑轮等机械,在当时是一种比较先进的从盐井中提取卤水的工具,较大地提高了生产效率。

第六节 “茶神”陆羽、《茶经》及制茶技术

一 饮茶的起源及“茶神”陆羽

饮茶在我国有着悠久的历史,茶叶是我国人民的主要饮料之一,也是世界上三大主要饮料之一。茶叶原产我国,这在学术界已经有过考证。^①关于茶叶起源的地域,史念书先生在《中国茶叶史略》一文中认为是在湖北的西部:原来居住在鄂西一带的“巴人在移居川东之前,或许便已懂得采集野生茶叶作药用或食用了”。^②《左传·昭公九年》记载:“及武王克商”,“巴、濮、楚、邓,吾南土也”。东晋·常璩《华阳国志·巴志》中记载:“武王既克殷,以其宗姬封于巴,爵之以子”,“土植五谷,牲具六畜”,“丹、漆、茶、蜜”,“皆纳贡之”。这些古代文献中的记载说明,在西周或稍晚一些时候,茶叶已经是巴人用来进贡的物品之一,因此,原来生活在今天湖北西部一带的巴人,在商代就已经懂得采集野生的茶叶作药用或食用是很有可能。据莫清华先生在《茶叶漫谈》一文中介绍:至秦朝时,饮茶便从四川往外传,顾炎武《日知录》云:“自秦人取蜀后,始有茗饮之事”;三国时,饮茶习惯已经传到江南一带,《吴书·韦曜传》中就有孙权以茶代酒让韦曜饮的记载;据《封氏见闻》记载,到唐开元年间,从山东兖州、临淄、河北沧州、直到洛阳长安,“城市多开店铺,煎茶卖之,不问通俗,投钱取饮”,可见唐代饮茶已相当普遍。^③在饮茶习惯日益普

① 庄晚芳:《茶的使用及其原产地问题》,载《农业考古》,1981年第2期。

② 史念书:《中国茶叶史略》,载《农业考古》,1981年第2期。

③ 莫清华:《茶叶漫谈》,载《农业考古》,1981年第2期。



遍的情况下,陆羽通过几十年的亲身实践,收集了自周秦以来古文献中关于茶事的记载和民间资料,分析归纳了前人关于茶的知识,总结了当时人们生产、制作、饮用茶的经验,撰写了我国,也是世界上第一部茶叶专著——《茶经》。

陆羽(733~804年),唐代复州竟陵(今湖北省天门市)人,字鸿渐,自称桑苎翁。他幼年曾在寺院中长大,跟随抚育他的禅师读书识字,汲水煮茶。唐代禅宗兴起后,因佛教讲究坐禅戒酒,而茶可以代酒,又有提神止乏功能,在僧人中间很受欢迎,从而推动饮茶风尚的传播,也造就了一些对茶有较深研究的僧人。在这种环境下,陆羽学习到了许多关于茶的知识,并逐渐地对茶产生了浓厚的兴趣。他一生中游历了湖北、江苏、江西、浙江等江南地区,常常一人随身只带纱巾、藤鞋,着粗布短衣,深入山村采摘茶叶。“采茶非茶篆,远远上层崖。布叶春风暖,盈筐白日斜。归知山寺远,时宿野人家。借问王孙草,何时泛碗花?”(皇甫冉《送陆鸿渐栖霞寺采茶》)^①描写了陆羽采茶的种种辛苦。陆羽还经常寻访山寺古刹,收集有关茶叶的各种资料,僧人皎然曾经赠诗云:“九日山僧院,东篱菊也黄。俗人多泛酒,谁解助茶香?”^②历来嗜茶的人,对煮茶用水是很讲究的,因为水质的好坏对茶汤的色、香、味都有影响,陆羽曾遍历江西、江苏等地的名山名泉,列出各地水质的优劣。他认为煮茶用水“山水为上,江水中,井水下”,这是有一定科学道理的,因为一般井水中均含有较多的矿物盐类,有的可能是“硬水”,用来煮茶,易使茶变味。陆羽终身不仕,刻意著书,“一生为墨客,几世作茶仙”。^③

①② 转引自傅树勋:《茶神陆羽》,10页,北京,农业出版社,1984年。

③ 傅树勋:《茶神陆羽》,56页,北京,农业出版社,1984年。

二 《茶经》内容简介及其历史意义

陆羽一生著作颇多,但大都遗失,其主要著作《茶经》全书分3卷,共10章,约7000余字。傅树勋先生在《茶神陆羽》一书中对《茶经》有如下的介绍:

《一之源》,论述了茶的本源、功用等。《茶经》的第一句就是“茶者,南方之嘉木也”,说明茶树原产于我国南方,这已为现代科学研究所证实。陆羽还具体描述了巴山、峡州一带野生茶树的情况。

《二之具》,分15条记述了采茶、制茶所用的工具16件。

《三之造》,论述了茶叶的采制方法和类别。

《四之器》,介绍了煮茶、饮茶用的器皿。这是《茶经》中具有特色的内容之一,所列举的越州(今浙江绍兴)、洪州(今江西南昌)等地出产的瓷器情况,也是研究陶瓷史的重要资料。

《五之煮》,阐述烹煮茶叶的方法。

《六之饮》,主要讲饮茶风俗和品饮方法,这也是《茶经》中颇具特色的内容之一。

《七之事》,汇集了我国古代关于茶事的记载40多例。

《八之出》,列举出当时全国的茶叶主要产地及产品的品级等次。首先提到的就是湖北境内的峡州茶,并列为上品。

《九之略》,是对茶叶采制和煮饮的补充说明。

《十之图》,希望人们对《茶经》的内容进行宣传。

“不羨黄金罍,不羨白玉杯;不羨朝入省,不羨暮登台;千羨万羨西江水,曾向竟陵城下来”。陆羽的这首诗表现了他蔑视尊荣、蔑视富贵的高尚情操,热爱乡土、怀念故人的深厚感情。^①

① 傅树勋:《茶神陆羽》,34~35页,北京,农业出版社,1984年。

陆羽以他的《茶经》传播了有关茶叶的知识,扩大了饮茶的风习,从而推动了茶叶的生产,并使饮茶之风传向世界。

自从陆羽的《茶经》问世以后,关于茶的著作,递相竟出,如宋有《茶录》、明有《茶疏》、清有《茶笈》,还有以《续茶经》而附骥尾的,杂然纷呈,不胜枚举。宋代诗人梅尧臣赞道:“自从陆羽生人间,人间相学事新茶”。可见陆羽和他的《茶经》对后世的影响多么深远。

根据莫清华先生在《茶叶漫谈》中的考证,中国茶叶向世界传播是唐代,亦即公元9世纪的事。日本和尚最澄禅师于805年带茶籽回日本,种于比睿山麓的坂本。次年,空海弘法师来到中国学习青蒸法(制茶的一种方法),后来饮茶之风逐渐在日本民间得到推广,还产生了专门的“茶仪”,并由此发展成为独具风格的“茶道”。^① 陆羽卒于804年,仅从时间上看,可以认为日本僧人将中国的茶籽及种茶、制茶、饮茶的技术与方法带回国去,主要是受到因陆羽的实践和其《茶经》的问世而更为盛行的唐代饮茶之风的影响。

1610年,中国茶叶运到了欧洲,先为英国和荷兰人所喜爱,到1700年之后,欧洲人饮茶已成风气。1728年,我国的茶叶传到印尼;1788年传到印度;1833年传到俄国,不久喝茶就成了俄国人的嗜好。1848年,中国茶传到斯里兰卡(锡兰);1892年,中国的茶苗运到黑海,从而成为俄国人能种植饮料。^②

今天,我国的茶叶行销于全世界,茶种也在世界各地种植生长,回顾历史,我们更能感到“茶神”陆羽和他的《茶经》所作出的伟大贡献。

①② 莫清华:《茶叶漫谈》,载《农业考古》,1981年第2期。

三 茶叶加工技术

茶叶的加工技术是随着饮茶的普及和发展而逐步兴起的。在人们用茶的早期阶段,所使用的基本上为未经任何加工的鲜茶叶。唐代诗人皮日休(约834~883年,襄阳人,另一说为竟陵人)“写了10首咏茶的诗,并且写了一篇序。这篇序后来被人们当作陆羽《茶经》的序。皮日休在这篇序中说,陆羽以前,人们饮茶叫做‘茗饮’,而当时饮用的方法和‘淪蔬而啜之无异’,就是说和煮菜而饮汤没有什么区别,或用来解渴,或用来佐餐”。^①这种采用鲜叶直接煮饮的饮茶方式,当然不存在茶叶的加工制作问题。但是这种饮茶方式存在着一些缺点,例如,在采摘茶叶的最佳时节,如每年的春末夏初时,能以采摘供饮的茶叶很多,往往用不完,而到冬季和初春时又无茶可采,也就饮不到茶;采摘的新鲜茶叶一般都应尽快煮饮,放上一段时间后新鲜的茶叶往往就会发酵,这时再煮饮茶的味道就不佳了。此外,新鲜的茶叶一般难以进行较长时间的长途运输,因为容易发酵变质,这样,不产茶的地区就难以得到茶,从而在客观上阻碍了饮茶之风的普及与推广。为了克服这些缺点,必须采用一种方法,使茶叶能以保持其主要品质的前提下较长时间的保存下来。而要保存茶叶,首先一点就是要去除鲜叶中的水分,在古代,人们对这一点是充分了解的。关于茶叶加工制作的最早形式是什么、以及它的最初发展过程如何等问题,目前尚难以考证。但位于长江中游的湖北一带是我国早期进行茶叶加工制作的地区之一,却是有记载可寻的。陆羽《茶经·七之事》中引用了《广雅》中的记述:

荆、巴间采叶作饼,叶老者,饼成,以米膏出之,欲煮茗饮,

① 刘昭瑞:《中国古代饮茶艺术》,5页,西安,陕西人民出版社,1987年。

先炙令赤色，捣末置瓷器中，以汤浇复之，用葱、姜、橘子芼之。其饮醒酒，令人不眠。

刘昭瑞先生指出：

荆是现在的湖北江陵一带，巴是川东、鄂西北和汉中一带。所饮用的茶叶，叶老的就和米粥一块搅和制成茶饼。煮饮之前，先将茶饼炙烤成深红色，再捣成茶末，并拌上葱、姜、橘皮之类一块冲饮。陆羽所引的《广雅》，是三国魏时张揖所撰。这条材料也有可疑之处，因为现存的《广雅》中并没有陆羽所引的这段文字……很有可能是唐以前人注释《广雅》的文字，窜入正文中，为陆羽所误引。^①

在有关茶叶加工的古代文献中，上述所引的一段是较早的记载之一，说明在唐代以前，湖北江陵一带的人们已经懂得将茶叶与米膏一起加工制作茶饼的方法了，只是还不普遍，多数还是采用鲜叶而“茗饮”。应该说，采用“米膏”制饼茶的方法的出现，是与这个地区的人们长期饮茶有一定的联系，是在长期饮茶的历程中逐步摸索出来的。无独有偶，在20世纪90年代，湖北一些地方生产的“米砖茶”仍然十分有名，并且对外销售。从渊源上看，今天的“米砖茶”正是唐之前荆楚大地上的人们用“米膏”制作饼茶的发展，可见茶叶的加工制作技术在湖北有着悠久的历史。

在唐代，长江中游一带茶叶加工制作的另一种方法也是制作“饼茶”，只是不加米膏而已，这在陆羽的《茶经》和皮日休的有关诗中均有记载。对于该问题，刘昭瑞先生在《中国古代饮茶艺术》一书中有详细的阐述，现摘录如下：

^① 刘昭瑞：《中国古代饮茶艺术》，西安，陕西人民出版社，1987年，9页。

制作饼茶的原料“按陆羽所述,有‘芽、笋、叶’三种,芽是刚刚抽出来的嫩叶;笋是枝头抽出还没有展开的嫩芽”。“皮日休的《茶笋》诗:‘裛然三五寸,生必依岩洞’,‘圆如玉轴光,脆似琼英冻’。叶,是指较大的茶叶。三种混在一起作为饼茶的原料。”

“采来的茶叶要蒸,这是第二步。蒸茶的灶设有烟囱,灶上置釜,釜中盛水,水中放甑(即罐),甑有木制的,也有陶制的,甑中有小竹篮,是用来装茶叶的,把小竹篮用竹蔑吊在甑中,等釜中的水蒸干,就算蒸好,然后把茶从篮子中取出来再倒入甑中,用桑木制的三丫杈加以搅拌,目的是使里面的茶叶不致因挤压而流失膏汁”。

“第三步是捣,所用的工具是‘杵臼’,又叫‘碓’。把蒸过的茶叶放在臼内捣烂成糊状,唐人诗中‘夜臼和烟捣’、‘左右捣凝膏’,说的都是捣茶成膏的情形”。

“捣过后的茶膏,放到有一定形状的模子里拍制成茶饼,叫做‘拍’,这是第四步。拍就是成形,做茶饼有专门的模,当时叫规,也叫棬,以铁制成,有圆有方,也有做成花鸟形的,把茶膏注入其中拍打使之坚实”。“皮日休《茶舍》诗:‘湖上汲红泉,焙前蒸紫蕨,乃翁研茗后,中妇拍茶歇’”,“方形的茶饼,有重至一斤的,如《膳夫经手录》记蕲州等地所产的茶为‘方斤厚片’,可以说是我国最早的砖茶”,“茶形做成后,退下茶模,待烘焙”,“待烘焙的茶饼,先要在其中穿上眼”。

“制茶饼工艺的第五步是‘焙’,焙就是烘焙的意思。烘焙茶饼的焙坑也叫‘焙’,据陆羽所述,是在地上挖二尺深、二尺五寸宽、一丈长的坑,四周砌上高二尺的矮墙,用泥灰抹平;焙上用木编成二层架,共高一尺,叫做棚,也叫做栈,上层叫上棚,下层叫下棚。用竹子做成二尺五寸长的竹篾,叫贯,用来穿茶饼放在棚上,初焙时茶饼在下棚,焙干后放到上棚,务必尽去水

分。皮日休《茶焙》诗：‘凿彼碧岩下，恰应深二尺。泥易带云根，烧难碍石脉。初能燥金饼，渐见千琼液’。就是描写茶焙的情景”。

“第六步是‘穿’，茶饼焙干后，要穿成一串串的，以便储存、运输，穿茶饼的绳索也叫‘穿’。陆羽记载，当时江东、淮南一带用竹条穿，巴山、峡州一带劈篾青搓绳作穿”。

“最后一道工序是‘封’”。“特别是一些选料精细、加工讲究的高级茶，士大夫互相馈赠时，包装是很讲究的”。^①

综上所述，我们可以看到，在隋唐时期或更早一些时候，今天的湖北江陵一带就已经生产用“米膏”出之的“饼茶”；在唐代，包括湖北在内的长江中游一带，已经采用一整套较完整的工序生产“饼茶”，而且这种茶叶加工制作技术在陆羽和皮日休两位出生于湖北的唐代名人的著作中都有较详细的记录；当时的蕲州（今鄂东蕲春一带）能以生产我国最早的砖茶“方斤厚片”；峡州（今鄂西宜昌一带）生产的茶饼用篾青搓绳作穿而销入外地，可见上述的茶叶加工制作工艺在这一地区曾较普遍地为当时的人们所采用。

第七节 成就斐然的科技典籍 ——《梦溪笔谈》

《梦溪笔谈》是北宋钱塘（今浙江杭州）籍著名的政治家、军事家兼科学家沈括（1031～1095年）撰写的一部见闻笔记。该书现存本有26卷，加上书成后增补的《补笔谈》3卷，《续笔谈》1卷，共计30卷，内容涉及官员生活、学院考试、文学艺术、法律军

① 刘昭瑞：《中国古代饮茶艺术》，西安，陕西人民出版社，1987年，15～19页。

事、语言考古、术数占卜、科学技术等社会各方面的杂闻轶事。其中,科学技术方面的内容占了一大半,它们真实地反映了北宋时期最新的科技水平,以及沈括本人为此做出的重要贡献。

沈括曾长期在朝廷任职,参与过王安石变法,领军镇守过边关,但他一直十分关心当时科学技术的发展,注意收集最新出现的科技成果资料,并直接参与科学技术研究,在天文历法、数学物理、地学医药等许多学科都取得了突出成绩。

一 天文历法成就

沈括从治平三年(1066年)起开始研究天文学,并于熙宁五年(1072年)被朝廷任命主持司天监工作。他亲自参加天文观测,对历法和天文仪器进行了系统研究,在以下两个方面取得了重大进展。

1. 首创纯阳历——十二气历

我国传统的历法是阴阳合历。这种历法的特点是,兼顾月亮圆缺变化的朔望月周期和日影长短变化的回归年周期。然而,影响一年四季气温冷暖变化的决定性因素是随日照角度(即日影长度)变化而变化的太阳的辐射强度,与月亮的圆缺变化无任何关系。因此,每年的农业生产只有完全按照回归年周期进行安排,才能保证农作物的正常生长和收成。为了比较准确地掌握四季的日照、气温变化和农作物的生长节律,我国古代很早就把一回归年的长度等分为24份,创立了二十四节气。不过,由于回归年的日数和朔望月的日数之间没有整倍数关系,这就使得以回归年为基础的24个节气与以朔望月为基础的12个月份之间,每年都不会有固定的对应关系,必须通过闰月的设置来不断地加以调节。这给制历工作,特别是农事安排带来了很大的不便。

沈括清楚地认识到阴阳历的这一弊病,他在《补笔谈》卷二

“象数”篇中指出：“此气朔交争，岁年错乱，四时失位，算数繁猥。”他明白，要使节气和月份之间建立起固定关系，必须对阴阳历进行彻底改革。为此，他提出了一个史无前例的历法改革建议——行用纯阳历“十二气历”。据“象数”篇记载，沈括研制的“十二气历”把二十四节气中的立春、惊蛰、清明等12个节气，分别定为一至十二月的初一；大月31日，小月30日；12个月一般是大小月相间，即一年共计366日。但因一回归年的长度约为 $365\frac{1}{4}$ 日，这样，当一年的日数取365日时，就会出现一次两小月相连的情况。至于月亮的圆缺变化，则可用在历书上加注朔望的办法解决。“十二气历”简单而实用，是对古代长期使用的阴阳历的革命性创新。正因为如此，它要在传统观念根深蒂固的封建王朝制度下实行，其阻力肯定是非常大的。沈括对此十分清楚，但他同时坚信，自己的这一改历建议终将有一天得以实行。他说：“今此历论，尤当取怪怒攻骂。然异时必有用予之说者。”果然，八百年后，向清王朝统治发起冲击的太平天国农民政权所颁行的“天历”，就是一部与“十二气历”基本相同的纯阳历。

2. 改进天文仪器

沈括在主持司天监工作期间，设计制造了浑仪、浮漏、圭表等天文仪器。与前人制造的仪器相比，沈括新仪器有一些较重要的改进。

浑仪是我国古代最主要的天体测量仪器。为适应对日月星辰不同坐标位置的测量，从汉代落下闳发明第一架浑仪开始，浑仪的制造经历了一个由简单到复杂的发展过程。到了唐宋时期，浑仪已经发展成由多重圆环组合而成的复杂仪器。如，唐代李淳风制造的浑仪，就是由六合仪、三辰仪和四游仪等三种仪器的多重环组合而成。其最外层的六合仪由地平、子午、赤道三个环组成，中间一层的三辰仪是由黄道环、赤道环和白道环组成，

最里层的四游仪则是由夹有窥管的四游环组成。多重圆环结构的浑仪,虽然可以起到用一架仪器测量多种天体不同坐标的功效,但它同时也产生了一些不良的副作用。一是给组装带来困难。因为,要保证各个圆环所显示的坐标数据的准确性,各个圆环的圆心必须重合于一点;但是,要把这么多的圆环一个个组装得合乎设计要求是很困难的,稍有不慎,就会导致整架仪器出现中心差,影响观测的准确性。二是圆环越多,它们遮挡窥管视线的几率就越大,从而给正常观测造成不便。针对以上弊病,沈括对浑仪进行了有效的改革。据其著《浑仪议》^①记载,他取消了用途不大的白道环。因为,白道沿黄道后退的速度相当快,而在每天观测时又很难做到使白道环不断均匀地沿黄道后移,往往只能在一个交点月(约27天)结束时才移动一次,这样做当然是非常不精确的;且当时利用天球坐标的数学推算,已能较精确地计算月亮的白道度数。再就是他改变了一些环的位置,使它们不再遮挡需要经常观测的重要天区。沈括的这两项改革措施代表了浑仪未来的发展趋势,并最终导致了元代郭守敬的杰作——简仪的产生。简仪摒弃了把测量不同系统坐标的圆环集中在一起的做法,把浑仪分解为两个独立的仪器——赤道经纬仪和地平经纬仪。分解后的两个仪器,其结构已十分简单,可以做到观测时的视野不遇任何障碍。

圭表是我国古代测定冬至、夏至日期和回归年长度的主要仪器。用圭表测影,最关键的是提高影长观测的精度,但空气分子和尘埃微粒对日光的漫射,会使表影的端线变得模糊不清,这对于提高测影精度是很大的障碍。针对这一点,沈括在其著《景表议》^②中提出了两项改进措施:(1)把圭表放在一个密室内。

① 沈括:《浑仪议》,《宋史·天文志一》引。

② 沈括:《景表议》,《宋史·天文志一》引。



密室的屋顶按南北方向开一道缝,使日光通过。由于射入的日光较窄,再加上密室内尘埃杂质较少,这都可减小日光漫射的影响。后来,明、清两代的天文机构都曾按照沈括的方法,把圭表放置在名为“晷影堂”的密室内。(2)在正表的北边立一个高4寸的副表。观测时,使副表立在正表的阴影中,两表影的端线重合。这样,表影端线的浓度增加,从而可以更准确地量度影长。

沈括还对漏壶的制造和误差进行过深入研究。据其著《浮漏议》^①记载,沈括在漏壶制造方面提出的改进措施有:在漏壶的出水口安装一种名为“玉权”的塞子,以控制水流速度,当水流过速或过缓时,均可调节“玉权”,使水流速度适中;将出水管改用玉石制作,以确保流水长期通畅;采用不易腐蚀的优质铜料制作箭舟;漏壶中的水要用清洁的泉水,并给各只漏壶上加盖防尘,经常更换新水,以保持水质,等等。这一系列措施的实行,使漏刻计时的准确性得到了明显的提高。针对漏刻计时所存在的冬夏误差问题,沈括利用经过改革的浮漏,进行了长达10多年的仔细观测和研究,终于取得了一个超越前人的科学认识。大家知道,我国古代因使用漏刻计时,制定了分一日为一百刻的计时制度。然而,由于太阳在黄道上自西向东的周年视运动是不均匀的,在冬天运动速度快、夏天运动速度慢,再加上黄道与赤道有一定的夹角,从而导致根据太阳自东向西的周日视运动计时时,冬天一日的时间稍长,“百刻而有余”;夏天一日的时间稍短,“不及百刻”。^②在沈括以前,人们已经发现了这一现象,但认为主要是因“冬月水涩”流速慢,“夏月水利”流速快所引起的漏刻计时误差。在《梦溪笔谈》卷七“象数一”篇中,沈括否定了前人的这种解释,指出“冬至日行速”、“夏至日行迟”,即太阳周年视运动

① 沈括《浮漏议》,《宋史·天文志一》引。

② 《梦溪笔谈》卷七“象数一”。

的不均匀才是引起冬日长、夏日短的真正原因。沈括的解释“使他成为历史上提出真太阳时不均匀概念,也即时差概念的第一人”,“比西方……要早了 700 年左右”。^①

二 数学成就

沈括在数学方面的主要成就是创立了“隙积术”和“会圆术”。

隙积术是一种求解垛积问题的方法。关于这一方法,详见本章第八节“从隙积术到垛积招差术”一节介绍。

会圆术是一种已知弓形的圆径和矢(高),求解弓形弧长的方法。《梦溪笔谈》卷十八“技艺”篇关于这一方法的记述是:

置圆田,径半之以为弦;又以半径减去所割数,余者为股;各自乘,以股除弦,余者开方除为勾;倍之为割田之直径。以所割之数自乘,倍之,又以圆径除所得,加入直径,为割田之弧。

该方法实际上分两步进行。第一步是先求出弓形的弦长。如图 4—3 所示,设圆的半径为 r ,直径为 d ,弓形的高为 h ,圆弧为 s ,弓弦为 c 。用圆半径 r 作为直角三角形 $\triangle OAD$ 的斜边 OA ,又以半径 r 减去弓形的高 h ,

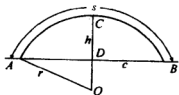


图 4—3 会圆图

所得的差作为三角形的一条直角边 OD ;再运用勾股定理,即可求出这个三角形的另一条直角边 AD 的长;然后将该长乘以 2,就可得到弓形的弦 AB 的长 c 。列成公式,即为:

$$c = 2 \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2} - h\right)^2}$$

^① 郭盛炽:《中国古代的计时科学》,科学出版社,1988 年,190 页。

第二步是:以弓形的高 h 自乘,再乘以 2,然后除以圆的直径 d ,把所得商与弓形的弦相加,就可得到弓形的弧长 s 。列成公式,即为:

$$s \approx \frac{2h^2}{d} + c$$

三国时期,刘徽创造了以直代曲的近似计算方法——割圆术,认为趋向于无限小的弓形弧长等同于弓形弦长。沈括继承了刘徽的方法,在我国古代数学史上第一次推导出了求弓形弧长的近似公式。这一公式在圆心角不超过 45° 时,所得弧长的相对误差小于 2%,精度是比较高的。后来,元代的郭守敬在编修《授时历》时,就曾用此公式来计算黄道积度和时差。

三 物理学成就

沈括的物理学成就主要表现在磁学、光学和声学等方面。

我国是世界上首先发现磁石指极性的国家,早在先秦时期就已利用磁石制作了世界上最早的指南器——司南。正如战国末年成书的《韩非子·有度篇》所说,“先王立司南以端朝夕”;楚人著作《鬼谷子·谋篇》也说,“郑人之取玉也,载司南之车,为其不惑也”。不过,用天然磁石制作的司南很难普及推广。这是因为,其工艺技术要求很高,成品率较低;再就是其成品的磁性较弱,灵敏度较差。

北宋初年,有人发现,将烧红的狭长的铁片按南北方向放入水中,淬火后的铁片也会产生指南性质,从而发明了可浮于水面的指南鱼。指南鱼实际上是利用地磁将铁片磁化,它虽然比司南小巧了许多,但磁性依然很弱,灵敏度还是不理想。

到了沈括生活的北宋中后期,有人终于发现,利用磁石磨擦铁针,可使铁针产生较强的磁性,从而发明了制作指南针的方法。沈括在《梦溪笔谈》卷二十四“杂志一”篇中记载道:“方家

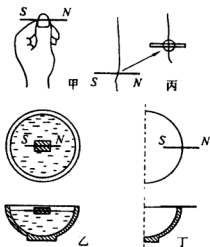


图4—4 指南针的四种支悬法

以磁石磨针锋，则能指南。”“杂志一”篇还记载了当时人们使用这种指南针的4种方法。如图4—4所示，除了类似于指南鱼的（乙）水浮法以外，还有（甲）指甲托法，（丁）碗口托法和（丙）缕悬法。经过试验比较，沈括认为，“水浮多荡摇”；指甲和碗口托法虽然运转灵活，但“坚滑易坠”；只有“缕悬最为善”。所谓缕悬法，就是用芥菜子大小的蜡珠把单缕蚕丝粘在磁针的中腰，悬挂在无风之处。由于经磁石磨制的铁针有较强的磁性，缕悬法又能使磁针运转自如，从而使这样制作的指南针不仅使用方便，而且灵敏度和准确性都相当高。通过对这种高灵敏度的指南针的反复试验观察，沈括获得了两项重大发现：一是磁针的指向“常微偏东，不全南也”，即在世界上最早发现了地磁偏角的存在；二是“以磁石磨针锋，则锐处常指南，亦有指北者，恐石性亦不同”，^①即在世界上最早发现磁石的两极性。当然，在当时的历史条件下，沈括还不可能从地球是一个大磁体的角度去解释磁针

① 《梦溪笔谈·补笔谈卷三》。



的指极性。他坦率地承认,对于磁针之指南,自己“莫可原其理”,表现了实事求是的科学态度。

在光学方面,沈括的成就主要表现为:通过对阳燧和凸鉴的成像实验,分别解释了凹面镜和凸面镜的成像原理。对于阳燧(凹面镜),沈括用手指作为镜前物进行了实验。据《梦溪笔谈》卷三“辩证一”篇记载,沈括发现,当手指靠近镜面时,从镜中看到的像是正立的;当手指远移到某处时,镜中便看不到像了,沈括称此处为“碍”;当手指离开“碍”继续远移时,从镜中看见的像便是倒立的了。由于阳燧成像和小孔成像都表现为使物像倒立,沈括认为,“碍”和小孔的作用是相同的,它们都对光线起到了约束作用。从近代光学理论看,沈括所说的“碍”实际上是凹面镜的焦点;阳燧成像与小孔成像,一为凹面镜对光线的反射现象,一为光线通过小孔的直射现象,两种成像的原理并不相同。但沈括的工作,毕竟把我国古代长期处于停滞状态的关于凹面镜成像机理的研究向前推进了一步,为古代光学日后的发展奠定了基础。

沈括还对凸鉴(凸面镜)的成像特点进行了研究。在《梦溪笔谈》卷十九“器用”篇中,他记述了自己发现的古人制镜工艺的一个独特技巧:把大镜造得平一些,把小镜造得凸一些。之所以要这样制造,是因为凹鉴照得的像比较大,凸鉴照得的像比较小;小于人脸的平面镜可能照不全人脸,但如果把镜造得微凸,使其照得的像缩小,就可以把整个人脸都照出来了。对于古代工匠制镜的这一技巧,沈括赞叹不已。

在声学方面,沈括发明了一种用纸人生动显示声音共振现象的实验。据《补笔谈》卷一“乐律”篇记载,其做法是,把纸剪的小人卡放在琴瑟的某基音弦线上,拨动其相应的泛音弦,纸人就会随着弦音跳动;而拨动其他弦,纸人则静止不动。在欧洲,直到几百年后的公元17世纪,才有人进行类似的纸游码实验。

四 地学成就

沈括曾经考察过“峭拔险怪，上耸千尺，穹崖巨谷”^①的浙江雁荡山地貌，认为这种地貌是由流水的冲刷作用造成的：“原其理，当是为谷中大水冲激，沙土尽去，唯巨石岿然挺立耳。”^②沈括同时认为，河南、陕西一些大的沟壑地带，黄土耸立往往高达百尺，其成因与雁荡山相同，也是由于流水的冲刷所致。在西距大海千里之遥的河北太行山考察时，沈括发现，山崖的石壁上横亘着由蚌壳化石和卵石构成的长带。由此，他判断，“此乃昔之海滨”^③；并且进一步推断，太行山以东的华北平原，是由黄河等河流的泥沙沉积而成，在我国最早正确解释了华北平原的成因。这也是世界上对冲积平原成因的最早的科学解释。另外，在《梦溪笔谈》卷二十一“异事”篇中，还记述了流经延州（今陕西延安地区）永宁关的黄河发生崩岸时，土下显露的“竹笋一林，凡数百茎，根干相连，悉化为石”。由于延州地区干旱少雨，从来没见过竹子生长，沈括由此猜想，掩埋在地下数十尺之处的这些竹笋化石表明，在很久很久以前，这里可能“地卑气湿而宜竹”。虽然据现代地质工作者研究，沈括所说的“竹笋”属于一种生长在一亿多年前的中生代的新芦木化石，但他能根据已经绝迹的古生物化石来推测当地的古代自然环境，却是一个独具慧眼的见解。沈括的这一研究方法，直至今日仍为科学工作者们所广泛使用。在欧洲，直到公元18世纪才有人提出类似的见解。因此，沈括的以上见解，对于我国和世界地理学的发展是有重要贡献的。

在地图学方面，沈括也有突出成就。据《梦溪笔谈》卷二十五“杂志一”篇记载，他在河北边防视察时，曾先后用木屑加面糊堆捏、熔蜡以及木刻等方法制作了反映当地山川道路等地形地

①②③ 《梦溪笔谈》卷二十四“杂志一”篇。

物的立体模型。特别是木刻立体地形图,既真切又便于携带,受到北方边官们的广泛重视和应用,“边州皆为木图,藏于内府”,在当时的边疆防务中发挥了重要作用。后来,沈括还曾花费12年的心血,绘制了一幅当时北宋全国行政区划地图——《守令图》^①。该图绘制时,不仅继承了西晋地图学家裴秀(224~271年)创立的地图绘制六原则,即所谓“分率”(比例尺)、“准望”(方位)、“道里”(道路里程)、“高下”(高取下)、“方斜”(方取斜)、“迂直”(迂取直)等制图“六体”,而且在绘制方法上有所创新。例如,以往地图所取各地之间的距离,都是沿道路通过步测得来的,沈括则改以通过测量计算出的各地间的直线距离制图;以往都是按8个方位(东、南、西、北、东南、东北、西南、西北)绘制地图,沈括则改按24个方位绘图。这些改进措施,使地图制作的精确度有了明显的提高。

沈括在水利方面也做了大量工作。他在入仕初期即整治了汴水,后来又积极支持治汴工程和两浙水利工程。特别是熙宁四年(1072年)在为汴河疏通工程做准备时,他发明了分段筑堰、逐段测量的方法。据《梦溪笔谈》卷二十五“杂志二”篇记载,用这个方法,他测得汴河从汴京(今河南开封)上善门起,经过840里,至泗州(今江苏泗洪)淮河口,水位高低相差194.86尺。这一测量方法,当时在世界上也是相当先进的。

五 生物、医药学成就

根据传闻和亲自调查研究,沈括在《梦溪笔谈》中对动植物药物的形态、生理、药理、地理分布、养殖栽培技术、人体的解剖生理、中医的医术和理论等,都作了大量记载,并提出了自己独到的见解。

^① 《补笔谈》卷三“杂志”篇。

在《梦溪笔谈》卷十三“权智”篇中，沈括记载了一个调教山鹧的生动例子：有一人能够把山鹧调教得十分好斗和无敌，其办法是“每食则以山鹧皮裹肉哺之”，时间一长，他所饲养的山鹧只要一见到其他真鹧，就会扑上去“搏而食之”。沈括的结论是，“此以所养移其性也”，即认为动物的习性会随着生活环境的改变而改变，人工方法可以对动物习性的改变起引导作用。他还引用《庄子》书中关于“畜虎者，不与全物、生物”，使老虎变得温顺易养的说法来论证自己的观点。

在《梦溪笔谈》卷二十四“杂志一”篇中，沈括记载了元丰年间（1078～1085年）庆州（今甘肃庆阳地区）发生一种名为“子方虫”的粘虫危害庄稼时，被一种名为“傍不肯”的昆虫灭杀，从而使庄稼获得丰收的情景：“忽有一虫生，如土中狗蝎，其喙有钳，千万蔽地，遇子方虫，则以钳搏之，悉为两段。旬日，子方皆尽，岁以大穰。”这是古代以害虫的天敌有效制服害虫的较早事例。在卷四“辩证二”篇中，沈括又记载了一个“以桂屑布砖缝中，宿草尽死”的事例，并且指出，“桂之杀草木，自是其性”。现代科学证明，肉桂所含的反式桂皮酸能对其他植物的生长起抑制作用。这说明，至迟在九百多年前，我国就已在生物除莠方法了。

在《梦溪忘怀录》^①中，沈括介绍了一种树木无性繁殖技术，就是头年八月用纸把牛羊粪包裹在树枝的下端，用麻绳密致捆好，次年夏秋间如果纸包处有根生出，就把带根的树枝从树上断下，埋入土中，即可成活。沈括指出，用这种方法，可使“木根已蠹朽”的老树获得新生。

在《梦溪笔谈》卷二十六“药议”篇中，沈括论述了自己有关医药问题的许多独到见解。例如，关于药的汤、散、丸等不同剂型，他认为它们的功效是各不相同的，应该根据不同的病情和药

① 《梦溪忘怀录》，胡道静辑佚本，载《杭州大学学报（社会科学版）》1981年第1期。

性选择使用剂型。汤剂的效力较大,常常是散剂和丸剂的好几倍,因此,要使药力达到五脏四肢,宜用汤剂;要使药力留在膈胃中,不如用散剂;要让药力比散剂更为持久、缓慢地发挥作用,最好用丸剂。他还主张,药性“无毒者宜汤,小毒者宜散,大毒者须用丸”。沈括的这些见解,被后世医家广泛视为临床选用剂型的基本原则。

又如,长期以来,药剂组方对于药物的主次有“一君、二臣、三佐、四使”的说法。所谓君,系指处方中的主药;所谓臣,系指处方中协助君药治疗主要病症的药物;所谓佐,系指处方中协助君治疗兼症的药物,或用以制约君药和佐药的药物;所谓使,系指处方中具有引导诸药直达病处的药物,俗称药引。沈括认为,君臣佐使不过是对组成方剂的药物的一种比喻和组方原则,在临床应用中,“不必尽然也”。因为,药剂从来没有一成不变的组合方式。唐代的《药性本草》一书曾把性质平和、气味浓厚的药“定以为君,其次为臣、为佐,有毒者多为使”。沈括指出,“此谬说也”。他认为,各药在处方中的主次之分,是根据它们所要治疗的主病来定的,无毒的药不一定可充当君药,有毒的药也不一定完全不能为“君”,比如治疗积食腹胀应以巴豆之类的泻药为主,这时有毒的巴豆也就是“君”了。沈括的以上见解,是颇具辩证法的思想的。

再如,过去的药书谈及服药,经常把人体的消化和呼吸器官混淆起来。在沈括生活的时代,又流行着“人有水喉、食喉、气喉”的错误说法。沈括指出:

水与食同咽,岂能就口中遂分入二喉?人但有咽(食道)、有喉(气管)二者而已。咽则纳饮食,喉则通气^①。

^① 《梦溪笔谈》卷二十六,“药议”篇。

接着,他又正确地论述了消化和呼吸这两个不同系统的构造和不同功能,展示了他对人体生理解剖知识的深入研究和深刻认识。沈括对药物也很有研究。他指出:

药有用根,或用茎叶,虽是一物,性或不同,苟未深达其理,未可妄用。^①

为此,他举例说:

巴豆能利人,唯其壳能止之;甜瓜蒂能吐人,唯其肉能解之;坐拿能懵人,食其心则醒;楝根皮泻人,枝皮则吐人;……蓝蛇之首能杀人,蓝蛇之尾能解药;鸟兽之肉皆补血,其毛角鳞鬣皆破血……^②

在这里,沈括以大量事实说明,同一植物或动物的不同部位的疗效不尽相同,有的药性甚至完全相反,从而强调医生要深入研究药理,对具体情况作具体分析,才能取得药到病除的预期效果。他还研究了不少一药多名或多药一名的实例,校正了前人的误解。他指出,黄蘗、朱藤、紫藤都是同一种植物;赤剑和天麻是同一药;杜若就是高良姜;细辛本是华山生长的药物,而“东方、南方所用细辛,皆杜衡也”,“襄汉间又有一种细辛……乃是鬼督邮”。^③ 根据自己的研究,沈括纠正了包括《神农本草》在内的一些古代药物经典著作中的谬误之处。这种“不尽信书”的求实精神影响深远,后来,明朝药学家李时珍在编著《本草纲目》时就受

①② 《补笔谈》卷三,“药议”篇。

③ 《梦溪笔谈》卷二十六,“药议”篇。

到沈括的启发,并在《本草纲目》中吸收了沈括的研究成果。

第八节 从隙积术到垛积招差术

我国古代的数学家,很早就注意到等差级数的问题。秦汉时期成书的《九章算术》,已记载有这方面的题例。南北朝时期成书的《张邱建算经》,更记有等差级数求和的明确算法。但在此后的五六百年,则未再有大的进展。从北宋大科学家沈括起,南宋的杨辉以及元代的朱世杰等长江流域的数学家,先后都对高阶等差级数的求和问题进行了研究,终于取得了辉煌的成就。

一 沈括的隙积术

沈括的隙积术是从对垛积体的计算问题的研究中提出来的。据《梦溪笔谈》卷十八“技艺”篇记载,沈括发现,过去的算术已经解决了诸如“刍萌(底面是矩形,两面为梯形的长方楔体)、刍童(上下底面都是矩形的棱台体)、方池(上下底面都是正方形的棱台体)、冥谷(下小上大的倒棱台体或倒楔体)、甍堵(底面为等腰三角形的直三棱柱)、鳖臑(底面为直角三角形,且有一棱垂直于底面的锥体)、圆锥、阳马(底面为矩形,且有一棱与底面垂直的锥体)之类”多面体的体积的计算方法,但“独未有隙积一术”。

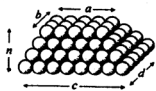


图4—5 隙积图

关于隙积,他指出,“谓积之有隙者,如累棋、层坛及酒家积罌之类”。如图4—5所示,棋子、瓮坛等物如果堆垒成棱台形状,那么,其底层为一个矩形阵,往上每摆放一层,长和宽都须减少一个。要计算这种垛积体中垛积物的总数,沈括认为,用《九章算术·商功》所载的“刍童”的体积求解公式计算,是不适宜的。因为,设一个长方台垛积的顶层宽有 a 个

物体,长有 b 个物体,底层宽有 c 个,长有 d 个;如果把物体的个数视为长度尺数,按刍童体积的求解公式计算,其体积当为

$$\frac{n}{6}[(2b+d)a + (2d+b)c] \text{ 立方尺}$$

但如此计算出来的数值与垛积物体的实际总数相比,却“常失于数少”。经过反复研究,沈括提出了计算垛积物体总数 S 的正确公式:

$$S = \frac{n}{6}[(2b+d)a + (2d+b)c] + \frac{n}{6}(c-a)$$

即垛积个数比长方台体积的立方尺数多 $\frac{n}{6}(c-a)$ 。

“隙积术”公式是正确的。这一公式与高阶等差级数有着密切关系,因为,假设垛积最上层的物体数长、宽各为两个,以下每层长、宽各增一个,于是,各层物体的个数依次为: $2^2, 3^2, 4^2, 5^2, 6^2 \dots$, 也就是: $4, 9, 16, 25, 36, \dots, \dots$, 每一后项与其前项之差依次为 $5, 7, 9, 11, \dots$ 。再求一次差,均得 2 , 即各层的物体个数可构成一个二阶等差级数。对于长、宽不等的情况,也有这个性质。沈括的研究,是我国研究高阶等差级数的开始,对后世产生了很大影响。

二 杨辉的垛积术

杨辉是南宋后期钱塘(今杭州)籍的著名数学家和数学教育家,生活于公元 13 世纪。从 1261 年到 1275 年的 15 年中,他先后完成了数学著作 5 种 21 卷,即《详解九章算法》12 卷(1261 年),《日用算法》2 卷(1262 年),《乘除通变本末》3 卷(1274 年),《田亩比类乘除捷法》2 卷(1275 年)和《续古摘奇算法》2 卷(1275 年),并在垛积术、简捷算法与素数、纵横图(幻方)、面积计算的出入相补原理、数学教育与普及等方面,都做出了突出贡献。

杨辉的垛积术,是在沈括隙积术的基础上发展起来的。在

《详解九章算法·商功章》中,杨辉研究了垛积与各种多面体体积的关系,由多面体体积公式导出了相应的垛积术公式。例如,方亭(正四棱台)的体积公式为:

$$V = \frac{h}{3}(a^2 + b^2 + ab) \quad (A)$$

其中 a 为上底边长, b 为下底边长, h 为台高。

如果用大小相同的物体堆成类似于正棱台的方垛,顶层由 $a \times a$ 个组成,以下各层的长、宽依次各增加 1 个,共有 n 层,底层由 $b \times b$ 个组成,则方垛中物体的总个数 S 可由如下公式表示:

$$S = \frac{n}{3}(a^2 + b^2 + ab + \frac{b-a}{2}) \quad (B)$$

比较(A)、(B)两式,可知它们的区别在于(B)式的小括号内多了一项 $\frac{b-a}{2}$ 。所以,杨辉把(A)式称为“本法”。而(B)式实际上是一个二阶等差级数的求和公式。即:

$$\begin{aligned} S &= a^2 + (a+1)^2 + (a+2)^2 + \cdots + (b-1)^2 + b^2 \\ &= \frac{n}{3}(a^2 + b^2 + ab + \frac{b-a}{2}) \end{aligned} \quad (1)$$

采用类似方法,杨辉还推导出了另外三个级数求和公式。例如,由相应于方锥的果子垛,得到公式:

$$\begin{aligned} S &= 1^2 + 2^2 + 3^2 + \cdots + n^2 \\ &= \frac{n}{3}(n+1)(n+\frac{1}{2}) \end{aligned} \quad (2)$$

由相应于鳖臑的三角垛,得到公式:

$$\begin{aligned} S &= 1 + 3 + 6 + 10 + \cdots + \frac{n(n+1)}{2} \\ &= \frac{n}{6}(n+1)(n+2) \end{aligned} \quad (3)$$

由相应于刍童的果子垛,得到公式:

$$\begin{aligned}
 S &= a \cdot b + (a+1)(b+1) + (a+2)(b+2) + \cdots \\
 &\quad + (c-1)(d-1) + c \cdot d \\
 &= \frac{n}{6} [(2b+d)a + (2d+b)c] + \frac{n}{6}(c-a) \quad (4)
 \end{aligned}$$

除了(4)式与沈括隙积术公式相同外,其他公式都是杨辉独立推导出来的。

三 朱世杰的垛积招差术

朱世杰是生活于公元13世纪末至14世纪初的元代数学家。他虽然籍贯在燕山(今北京地区),却长期在外游学、讲学,并在广陵(今江苏扬州)完成和出版了自己的两部数学著作——数学启蒙教科书《算学启蒙》(1299年)和数学研究论著《四元玉鉴》(1303年)。其数学成就主要包括:(1)编制了有关四则运算、乘方和开方的大量歌诀、口诀,为我国基本计算方式由筹算向珠算的发展创造了条件;(2)在前人求解一元高次方程的天元术的基础上,创立了计算多元高次方程的四元术;(3)在沈括隙积术、杨辉垛积术和元代王恂(1235~1281年)三次内插法的基础上,创立了解决高阶等差级数求和问题的垛积招差术,把这方面的研究向前推进了一大步。

在朱世杰之前,沈括和杨辉所建立的等差级数求和公式,都是从轮廓类似于各种多面体的堆垛的公式推导出来的,而且他们所处理的各种堆垛,其相邻两层同边物体的个数差均为1。朱世杰则利用上下各层数目呈复杂变化的各种堆垛,研究出了更多的垛积和高阶等差级数求和公式。朱世杰所掌握的三角形垛积公式有如下一些:

茭草垛(又名茭草积)公式:

$$\sum_{r=1}^n r = 1 + 2 + 3 + 4 + \cdots + n = \frac{1}{2!}n(n+1)$$

三角垛(又名菱草落一形垛)公式:

$$\begin{aligned}\sum_{r=1}^n \frac{1}{2!} r(r+1) &= 1 + 3 + 6 + 10 + \cdots + \frac{1}{2!} n(n+1) \\ &= \frac{1}{3!} n(n+1)(n+2)\end{aligned}$$

撒星形垛(又名三角落一形垛)公式:

$$\begin{aligned}\sum_{r=1}^n \frac{1}{3!} r(r+1)(r+2) \\ &= 1 + 4 + 10 + 20 + \cdots + \frac{1}{3!} n(n+1)(n+2) \\ &= \frac{1}{4!} n(n+1)(n+2)(n+3)\end{aligned}$$

三角撒星形垛(又名撒星更落一形垛)公式:

$$\begin{aligned}\sum_{r=1}^n \frac{1}{4!} r(r+1)(r+2)(r+3) \\ &= 1 + 5 + 15 + 35 + \cdots + \frac{1}{4!} n(n+1)(n+2)(n+3) \\ &= \frac{1}{5!} n(n+1)(n+2)(n+3)(n+4)\end{aligned}$$

三角撒星更落一形垛公式:

$$\begin{aligned}\sum_{r=1}^n \frac{1}{5!} r(r+1)(r+2)(r+3)(r+4) \\ &= 1 + 6 + 21 + 56 + \cdots + \frac{1}{5!} n(n+1)(n+2)(n+3)(n+4) \\ &= \frac{1}{6!} n(n+1)(n+2)(n+3)(n+4)(n+5)\end{aligned}$$

比较以上五个公式,可以看出它们具有以下特点:前式的结果恰好是后式的一般项;也就是说,前式所表示的共有 r 层的堆垛的物体总数,恰是后式所表示的堆垛中第 r 层的物体数目。因此,朱世杰常把后一种堆垛称为前一种堆垛的“落一形垛”。这说

明,朱世杰曾对以上五个公式前后式之间的关系进行过比较研究。此外还可看出,以上五个三角形垛,已经构成了一组一、二、三、四、五等差级数,它们可用一个求和公式来表达,即:

$$\begin{aligned} & \sum_{r=1}^n \frac{1}{p!} r(r+1)(r+2)\cdots(r+p-1) \\ &= \frac{1}{(p+1)!} n(n+1)(n+2)\cdots(n+p) \end{aligned} \quad (\text{A})$$

前述五个公式正是(A)式当 p 分别等于 1、2、3、4、5 时的情况。

另外,以上三角形垛积公式还与北宋数学家贾宪为表示二项式任意次方的展开式系数规律而发明的“开方作法本源”图(图4—6)存在明显的关系。因为,图中第 p 号斜线上的各数,恰好对应于第 p 个三角形垛的各层物体个数;而第 p 号斜线上前 m 个数字之和,正是第 $(p+1)$ 号斜线上的第 m 个数。例如,第 3 号斜线即对应于撒星形垛,其前 4 个数分别为 1、4、10、20,它们的和即等于第 4 号斜线上的第 4 个数 35。

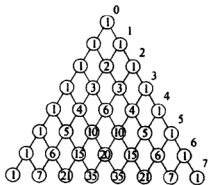


图4—6 “开方作法本源”示意图

朱世杰还掌握了以下一些岚峰形垛积公式:

四角垛公式:

$$\sum_{r=1}^n r^2 = \frac{1}{3!} n(n+1)(2n+1)$$



岚峰形垛公式：

$$\sum_{r=1}^n \frac{1}{2!} r^2 (r+1) = 1 + 6 + 18 + 40 + \cdots$$

$$= \frac{1}{4!} n(n+1)(n+2)(3n+1)$$

三角岚峰形垛(又名岚峰更落一形垛)公式：

$$\sum_{r=1}^n \frac{1}{3!} r^2 (r+1)(r+2) = 1 + 8 + 30 + 80 + \cdots$$

$$= \frac{1}{5!} n(n+1)(n+2)(n+3)(4n+1)$$

将这一组公式与上一组公式作比较,可发现它们具有如下特点:这三个公式的一般项,都是由相应三角形垛公式的一般项乘以项数构成的;也就是说,岚峰形垛公式所表示的堆垛中第 r 层的物体数目,正好是三角形公式所表示的堆垛中第 r 层的物体数目的 r 倍。这三个公式中,除第一个即为杨辉的果子垛公式外,后两个均为朱世杰所创。这三个公式可用一个岚峰形垛的一般求和公式来表示,即:

$$\sum_{r=1}^p \frac{1}{p!} r^2 (r+1)(r+2) \cdots (r+p-1)$$

$$= \frac{1}{(p+2)!} n(n+1)(n+2) \cdots (n+p) [(p+1)n+1] \quad (\text{B})$$

当 $p=1$ 时,即为四角垛公式;当 $p=2$ 时,即为岚峰形垛公式;当 $p=3$ 时,即为三角岚峰形垛公式。

由于朱世杰掌握了公式(A)、(B)等一系列垛积公式,这就使他有可能超越前人,进一步提出高次招差法公式,从而有可能解决任何一类高阶等差级数的求和问题。如,在《四元玉鉴·如象招数门》中,朱世杰提到了这样一个问题:“以立方招兵,初招方面三尺,次招方面转多一尺……今招十五日,问招兵几何?”该题的大意是:每日的招兵人数是以 $(2+x)^3$ 的方式逐日增加(x

为日数),即第一日招兵 $(2+1)^3=3^3=27$ 人,第二日招 $(2+2)^3=4^3=64$ 人,一直到第十五日招兵 $(2+15)^3=17^3$ 人,求十五日的招兵总数。解决该题,朱世杰没有直接进行 $3^3+4^3+\cdots+17^3$ 的乘方求和的大量计算,而是利用招差公式计算。因为,当 $x=1,2,3,4,\cdots$ 时,逐日招兵人数 $\Delta f(x)=(2+x)^3$ 的值以及逐级差分如表4—1所示。若求第 n 日招兵人数,朱世杰的解法是:

求得上差二十七,二差三十七,三差二十四,下差六。求兵者:今招为上积,又以今招减一为菱草底子积为二积,又今招减二为三角底子积为三积,又今招减三为三角落一积为下积。以各差乘各积,四位并之,即招兵数也。

表4—1 “立方招兵”每日招兵数及逐级差分表

日数 x	招兵积数 $f(x)$	每日招兵数(一差 Δ)	二差 Δ^2	三差 Δ^3	四差 Δ^4
		$3^3=27$			
1	27		37		
		$4^3=64$		24	
2	91		61		6
		$5^3=125$		30	
3	216		91		6
		$6^3=216$		36	
4	432		127		...
		$7^3=343$		...	
5	775		...		
		...			
...	...				

若设上积为 n , 则二积即为以 $(n-1)$ 为底的茭草垛积 $\frac{1}{2!}n(n-1)$, 三积则为以 $(n-2)$ 为底的三角垛积 $\frac{1}{3!}n(n-1)(n-2)$, 下积则为以 $(n-3)$ 为底的三角落一形垛积 $\frac{1}{4!}n(n-1)(n-2)(n-3)$ 。“以各差乘各积, 四位并之”, 就相当于给出了以下招差公式:

$$f(n) = n\Delta^1 + \frac{1}{2!}n(n-1)\Delta^2 + \frac{1}{3!}n(n-1)(n-2)\Delta^3 + \frac{1}{4!}n(n-1)(n-2)(n-3)\Delta^4$$

这一情况表明, 朱世杰是可以据此推导出任意高次的高阶等差级数求和的招差公式来的^①。在西方, 类似的招差术一般公式, 直到三百多年后的 1676 年, 才在英国科学家牛顿的著作中出现。

第九节 毕昇的泥活字与王祜的木活字

印刷术是中华民族为全人类贡献的四大发明之一。

在印刷术发明之前, 书籍的流传主要依靠手抄。这是一件十分费工费时的事情。首先发明于唐代的雕版印刷术, 把人们从抄书的劳累中解放出来, 并在唐宋时期文化典籍的迅速传播和广泛交流中发挥了决定性的作用。不过, 雕版印刷虽然能够达到一次雕版就可印刷几百部、甚至几千部书的效果, 比手工抄书的效率提高许多倍, 但它仍然存在一些不尽如人意的问題。一是雕版印刷的前期工作十分繁重。因为, 雕刻印版比抄写还要费工费时, 而且每印一页就得雕刻一块印版; 特别是印刷大部

^① 钱宝琮主编:《中国数学史》, 北京, 科学出版社, 1964 年, 201 页。

头的书,由于需要刻制大量的印版,就往往要由许多工匠花费几年、十几年,乃至更长的时间才能刻完,速度显然太慢。二是大量印版的存放,也需要占用很大的地方。例如,《册府元龟》是宋代四大类书之一,全书共有 900 多万字,约需刻 27000 多块版片,这要有多大的地方存放!三是对于印量少且不会重印的书,因版片用后就成了废物,在经济上很不合算。宋朝初年,随着社会经济文化的大发展,书籍的需求量也越来越大,印书行业迫切需要找到一种比雕版印刷省工省事、效率更高的办法。因此,就在我国雕版印刷业的发展趋于鼎盛的时期,印刷技术的又一项重大发明——活字印刷术诞生了。

一 毕昇创造活字术

活字印刷术,是北宋庆历年间(1041~1048年)一位名叫毕昇的“布衣”创造的。这项新技术的基本原理是,不再按书稿的文字顺序雕刻印版,而是事先刻制好相当数量的单个活字,然后按照书稿的文字顺序把单个活字拼排成一页一页的印版,再将书籍印刷出来;每一书页印足所需的数量之后,印版上的活字就可取下来,供拼排其他书页的印版使用。这样,只要这些单个活字制作得坚固耐用,它们就可长期反复地使用下去。虽然制作活字的前期工程要大一些,但此后的排版工作就比一页一页地雕刻印版便捷多了。

近代在世界上曾长期盛行的铅字排印方法,在原理上与毕昇的活字印刷术基本相同。只不过毕昇当时制作活字的原料不是铅合金,而是胶泥。一粒胶泥上刻一字,然后用草火烧过,使其实际上成为坚硬的陶质活字。毕昇的排版方法是:先备一张铁板,在上面涂布一层用松脂、蜡和纸灰调制的粘药,再将一方铁框放在铁板上,即可在铁框内根据需要用活字排版了。当排满一铁框后,将铁板置于火上烘烤;待粘药稍一熔化,即用一平

板将铁框内的活字压平,以保证整版字面的平整。粘药冷却之后,一排排的泥活字就会牢固地粘附在铁板上,确保印刷时不发生脱落松动。一版印完,将铁板再放在火上加热,待粘药熔化时,即可取下活字,分别放入按韵目分类的木格里,以备再用。为了提高效率,可备两块铁板交替使用:一板印刷,另一板排字;第一板印完,第二板又已排好。两道工序能不间断地进行,印刷速度便可大大加快。为了满足排版的实际需要,还应同时准备几套活字,以便一版中有些字的重复出现。特别是使用频率较高的“之”、“也”等字,往往要备做 20 多个。对于个别冷僻字,则可临时写刻,烧成后马上就能使用。

与雕版印刷相比,活字印刷的优越性是显而易见的。它既能大大节省人力和材料的费用,又可大大缩短印刷时间,非常经济和方便。这是我国在发明雕版印刷术之后,又一项伟大的创造。

关于毕昇的生平事迹和发明经过,在史书记载中仅见于沈括的《梦溪笔谈》。据该书卷十八“技艺”篇介绍,毕昇是宋朝庆历年间的一个“布衣”。古代的所谓布衣,就是没有做过官的平民。至于毕昇的职业,以前曾有人推测他是一个从事雕版印刷的工匠。但比较可信的说法是,毕昇应当是一个熟悉雕版印刷业务、有一定产业、并善于管理的印刷作坊的业主^①。只有具备这样的条件,他才有可能发现雕版印刷的不足之处,才有心钻研解决问题的办法,产生发明活字术的灵感,才有能力进行活字印刷的试验,并使试验获得成功。

关于毕昇的籍贯,由于沈括没有交待,给后人留下了一个长期未解的谜。1992 年,湖北省文物工作者在一次文物普查中,在湖北省英山县发现了一块立于皇祐四年(1052 年)的毕昇墓墓

① 吴式超:《毕昇身份及活字材料考辨》,载《南京大学学报(社会科学版)》1985 年第 1 期。

碑。发现者研究认为,“这块墓碑确属北宋活字术发明者毕昇的墓碑,从而使这位我国古代四大发明之一的发明者的生平终于得到实证”。^①但也有人提出质疑^②,认为英山在北宋时期尚无印刷业,“缺乏发明泥活字的技术基础”,而沈括的家乡钱塘却是唐宋时期印刷业最发达的地区之一,所以,发明泥活字的毕昇应该是沈括的同乡,而“英山毕昇很可能是钱塘毕昇的同名者”。不过,由于英山毕昇墓的墓碑把墓主称做“故先考毕昇神主”,有人指出:

“神主”二字表明此墓是以毕昇的灵牌和其妻李氏妙音同穴而葬的“招魂葬”墓。招魂葬是中国古代的一种葬俗,用于夫妻死于异地,尸骨不能合葬而以灵牌代替安葬。毕昇是一名印刷工匠,可能死于远离家乡的印刷发达之地。毕昇的职业和墓葬的形式是相合的。过去很多专家考证毕昇发明活字印刷可能在杭州,而该墓碑面向东南,正是杭州方向,可以印证毕昇可能从业于当时的印刷中心杭州一带。^③

这种认识,看来是比较合乎情理的。

二 王桢改进木活字

王桢(约1271~约1330年)是元代一位著名的农学家。他虽然祖籍山东东平,本人却长期在江南地区担任地方官。在宣州旌德县(今安徽省旌德县)任职县尹时,王桢廉洁奉公,政绩卓著,十分关心农业生产。为了指导农民发展生产,他一方面在农

① 新华社:《英山毕昇墓被确认》,载《湖北日报》1993年7月11日。

② 曹之:《中国印刷术的起源》,武汉,武汉大学出版社,1994年,470页。

③ 史金波、雅森·吾宁木(维族):《中国印刷术的起源和早期传播》,北京,社会科学文献出版社,2000年,15页。

村各地调查研究,总结农民的先进经验,一方面收集整理前人在农业方面的文献资料;经过多年不懈努力,终于完成了一部13万多字的综合性农学名著《王禎农书》。《王禎农书》虽然主要论述的是农业技术方面的问题,却在全书的最后附录了一篇讨论活字印刷术的文章——《造活字印书法》。

在王禎之前,毕昇发明的泥活字印刷虽然比雕版印刷有不少进步,但仍存在着不足之处:一是泥活字的制作工艺较为复杂,二是拣字排版的工序还不大方便。因此,这一技术发明以后,并未能普遍推广开来,人们仍然主要采用雕版术印刷。对于雕版印刷,王禎深感其效率太低。他在“造活字印书法”一文中指出:

然而板木工匠所费甚多,至有一书字板,功力不及,数载难成;虽有可传之书,人皆惮其工费,不能印造传播后世。

另外,王禎还提到,有人曾试用锡制作活字,“但上项字样难于使墨,率多印坏,所以不能久行”。

综合泥活字印刷与雕版印刷各自的优点,王禎研制成功了“巧便之法”——木活字印刷术。他制作木活字的方法是:首先在纸上把常用的文字按韵写好,然后贴到木板上,在整块木板上把各个字雕刻出来,用小锯锯开,使之成为单个活字。再按统一的标准对每个活字进行修理,使它们的大小高低完全一致。

据沈括《梦溪笔谈》记载,毕昇当时也曾试用过木活字,但没有取得成功。其失败的原因有二:一是他采用固定泥活字的办法,在排版时用粘药把木活字粘在铁底板上。但因木活字与松脂、蜡等粘药有较强的亲和力,在印刷过后无法像对待泥活字那样用烘烤的方法熔化粘药,把活字轻易地从底板上取下来;二是他把木活字做得像泥活字一样“薄如钱唇”,但木质“纹理有疏

密”，这样，木活字经刷墨后就很容易变形，难以保证印刷质量。王祯为了克服木活字的上述缺点，加大了活字的高度，这样便可弃用粘药，采用挤紧的办法来固定活字。这与近代铅活字排版的技术完全相同。再者，由于活字体积的加大，只在字面上刷墨，也就不会引起活字的变形。这是王祯木活字技术能够取得成功的关键。

王祯还有一个重要的发明，就是设计了方便拣字排版的贮字轮盘。这种轮盘直径七尺，制作两个，一盘按韵编号摆贮木活字，一盘专贮杂字。两个轮盘分别安置在高三尺的竖轴架上，可以轻便地转动（图4—7）。这样，排版时，人坐在字盘旁，即可方便地转轮取字。

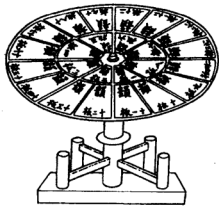


图4—7 王祯发明的排字盘

正如王祯所说：“以人寻字则难，以字就人则易。此转轮之法，不劳力而坐致”。在实际工作中，需要两人配合，一人读稿并喊出韵号，另一人则按号取字排版。如果盘内缺少某字，可以临时予以补刻。

在刻字工匠的帮助下，王祯设计制作了3万多个木活字。为了保证印刷《农书》的质量，他先试印了一部6万多字的《旌德县志》，结果不到一个月就印成了100部，而且印刷效果同雕版印刷一样好。不过，由于随后王祯被调往信州永丰（今江西省广丰县）任职，用木活字印刷《农书》的事也就被搁置下来了。不过，他坚信自己的技术“为印书省便之法”，将来定能“传于永久”。

事情正如王祯所料。由于木活字的制作技术与雕版制作技术几乎没有什么差别，只要是掌握了雕版技术者，都可以制作木活

字,很便于推广;另外,加工木活字的原料也同雕版原料一样广泛,梨木、枣木、黄杨木等都可以用来刻制活字,成本比较低廉;再加上转轮拣字、挤紧法固字等诸多优点,木活字排版印刷技术很快便在全国各地广泛应用、普及开来,并且流传到了少数民族地区。例如,延祐六年(1319年),浙江奉化知州马称德组织雕刻了木活字10万多个,印成了有43卷20册的《大学衍义》。又如,1908年,有人在甘肃敦煌千佛洞发现过几百个维吾尔文木活字。据考证,它们可能是公元14世纪初的遗物。这些木活字都是用硬木刻成,每一印上刻着一个维吾尔文单词。它们虽然长短不一,但高厚均相同。有的还两头刻字,可以正反两面使用^①。再如,20世纪70年代,在宁夏发现了元代刊印的梵夹本西夏文《大方广佛严经》,是我国和世界上现存最早的木活字印本^②。

后来,人们又相继采用铜、铅等金属铸造活字,进一步发展了我国的印刷技术。金属活字有两大优点:一是可以大量铸造,有利于推广;二是比木活字经久耐用。近现代印刷业使用的活字,是由铅、锡、锑为主要成分的铅合金铸造而成,所以称作铅字。

在活字印刷的发明和发展史上,毕昇和王祜二人的首创之功是永远值得人们纪念的。

第十节 中国剩余定理与秦九韶的大衍求一术

如果说秦汉六朝时期是以几何为中心的古代数学的发展高峰期,那么,隋唐宋元时期,特别是宋元时期则是以代数为中心

① [美]卡特:《中国印刷术的发明和它的西传》,中文版,北京,商务印书馆,1991年,187~188页。

② 史金波:《现在世界上最早的活字印刷品——西夏活字印本考》,《北京图书馆馆刊》,1997年第1期。

的古代数学的发展高峰期。在宋元时期,关于高次方程的近似解法、多元一次方程组解法、高阶等差级数、组合数学、半符号式代数、同余式组的解法等等,都达到了当时世界的最高水平。

当长江流域与黄河流域处在统一政权的管理之下时,由于南北文化交流的渠道比较畅通,两个地区的数学发展水平在整体上是比较接近的。但在南宋和金朝形成南北对峙的时期,两个地区的数学发展就随着南北文化交流的相对削弱,而出现了一些不同的特点。在黄河流域,以李冶(1192~1279年,今河北栾城人)为代表的数学家创立和发展了半符号式代数——六元术;在长江流域,以秦九韶、杨辉为代表的数学家则使简算法、方程解法和同余理论得到了较快的发展。

秦九韶(1202~约1261年)是南宋普州安岳(今四川安岳)籍数学家。他曾先后在潼川(今四川潼南)、蕲州(今湖北蕲春)、和州(今安徽和县)、湖州(今浙江湖州)、建康(今江苏南京)等地做官,并在湖州定居时的淳祐七年(1247年)完成了数学名著《数书九章》。他在数学上的一项主要成就是,通过总结前人的研究成果,提出了相当完备的一次同余组解法的“大衍求一术”。

我国古代关于一次同余问题的记载,最早见于公元400年前后成书的《孙子算经》。该书的“物不知数”题(后世通称“孙子问题”)记曰:

今有物不知其数。三三数之剩二,五五数之剩三,七七数之剩二。问物几何?

这相当于求解一次同余组,即若设 N 为所求之数,则

$$N \equiv 2 \pmod{3} \equiv 3 \pmod{5} \equiv 2 \pmod{7}$$

这也就是求如下不定方程组的正整数解:

$$N = 3x + 2, \quad N = 5y + 3, \quad N = 7z + 2$$

《孙子算经》所给出的答案是 $N=23$; 其算法很简略, 也未说明其理论根据。

“孙子问题”出现在公元 4 世纪的我国数学著作中, 并非偶然。我国古代的天文历法资料表明, 一次同余问题的研究明显地受到历法编算需要的推动, 特别是和所谓“上元积年”的计算密切相关。因为, 每一部历法的编制, 都需要规定一个起算点, 我国古代称之为“历元”或“上元”, 并把从历元到编历年所累积的年数叫做“上元积年”。上元积年的推算, 就需要求解一组一次同余式。例如, 古代历法一般都以甲子日、朔旦(朔日零时)和冬至的会合时刻作为历元, 若设 a 为回归年日数, b 为朔望月日数, 当年冬至距甲子日零时的日数为 R_1 , 距平朔时刻的日数为 R_2 , 则该历的上元积年数 N 就是解同余组

$$aN \equiv R_1 \pmod{60} \equiv R_2 \pmod{b}。$$

在南北朝的祖冲之编制《大明历》的时候, 更要求历元必须同时始于甲子年, 而且是“日月合璧”、“五星联珠”(即日、月、五星处于同一方位), 月亮还要恰好行经它的近地点和升交点。在这种条件下推算上元积年, 就需要求解 10 个同余式了, 再加上天文历法的数据一般又都十分庞杂, 所以, 在《孙子算经》成书的魏晋南北朝时期, 历算家们无疑已经能够求解形式比“孙子问题”复杂得多的一次同余式, 而且掌握了按一定程序计算一次同余式的方法。“孙子问题”的提出, 即从侧面反映了这一历史事实。此后的历算家们在长期应用孙子算法推算上元积年的过程中, 必然会对推算方法做更加深入的探讨。到了公元 13 世纪, 秦九韶集前人工作之大成, 终于在一次同余式的研究上取得了超越前人的成就。

在《数书九章》中, 秦九韶明确给出了一次同余组的一般性解法。即已知:

$$N \equiv R_i \pmod{A_i}, i = 1, 2, 3, \dots, n,$$

求最小的正整数 N 。设 A_i 为两两互素,若能求得一串数值 $K_1, K_2, \dots, K_n$, 使 K_i 分别满足:

$$K_i \frac{M}{A_i} \equiv 1 \pmod{A_i}, i = 1, 2, 3, \dots, n,$$

其中 $M = A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot \dots \cdot A_n$, 则

$$N \equiv R_1 K_1 \frac{M}{A_1} + R_2 K_2 \frac{M}{A_2} + \dots + R_n K_n \frac{M}{A_n} \pmod{M},$$

这样,问题的解答即为:

$$N = \sum_{i=1}^n R_i K_i \frac{M}{A_i} - PM,$$

其中的 P 为正整数,它的取值要使 N 成为小于 M 的正整数。这就是所谓“孙子剩余定理”,也就是西方文献所说的“中国剩余定理”。

很显然,一次同余组解法的关键是如何选定满足条件

$$K_i \frac{M}{A_i} \equiv 1 \pmod{A_i}, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

的一组数 K_i ①。秦九韶将这组数称为“乘率”,并在《数书九章》中详细叙述了计算乘率的方法——大衍求一术。用现代符号表示,大衍求一术的基本计算程序是:

若 $G_i = \frac{M}{A_i} > 0$, 先用 A_i 除 G_i , 求得余数 $g_i < A_i$, 则

$$G_i \equiv g_i \pmod{A_i}, K_i G_i \equiv K_i g_i \pmod{A_i}.$$

但是因为 $K_i G_i \equiv 1 \pmod{A_i}$, 所以问题归结为求 K_i , 使之满足 $K_i g_i \equiv 1 \pmod{A_i}$ 。秦九韶把 A_i 称为“定数”, g_i 称为“奇数”。他的大衍求一术实际上是把奇数 g_i 和定数 A_i 辗转相除, 相继求得商数 $q_1, q_2, \dots, q_n$ 和余数 $r_1, r_2, \dots, r_n$ 。在辗转相除的过程中, 随即算出下表右侧的 C 值:

① 钱宝琮主编:《中国数学史》,北京,科学出版社,1964年,207页。

	商数	余数	C 值
A_i/g_i	q_1	r_1	$C_1 = q_1$
g_i/r_1	q_2	r_2	$C_2 = q_2 C_1 + 1$
r_1/r_2	q_3	r_3	$C_3 = q_3 C_2 + C_1$
...	...	...	...
r_{n-2}/r_{n-1}	q_n	r_n	$C_n = q_n C_{n-1} + C_{n-2}$

秦九韶指出,当 $r_n = 1$ 而 n 是偶数时,最后得到的 C_n 就是所求乘率 K_i 。如果 $r_n = 1$ 而 n 是奇数,那么把 r_{n-1} 和 r_n 相除,形式上令

$$q_{n+1} = r_{n-1} - 1,$$

则余数 r_{n+1} 仍然是 1, 再作

$$C_{n+1} = q_{n+1} + C_{n-1},$$

这时 $n+1$ 是偶数, C_{n+1} 就是所求的 K_i 。不论哪种情形,最后一步都出现余数 1, 故称“求一数”。可以证明,秦九韶的这一算法是完全正确和十分严密的^①。

在《数书九章》中,秦九韶还通过“古历会积”、“治历演纪”、“积尺寻源”、“推计土功”、“程行计地”等大量例题,展示了大衍求一术在解决历法、工程、赋役和军旅等实际问题中的广泛应用。由于在许多问题中,模数 A_i 并非总是两两互素,而我国的传统数学中又没有素数的概念,所以,将模数化为两两互素是相当困难的问题。秦九韶所设计的将模数化为两两互素的算法,尽管还不完善,但却比较成功地解决了这一难题,因而被今人称之为“没有素数的素数论”。在西方,最早接触一次同余式的,是和秦九韶同时代的意大利数学家 L·斐波那契(Fibonacci, 约 1170 ~ 1250 年),他在《算盘书》中给出了两个一次同余问题,但没有

① 李文林、袁向东:《中国剩余定理》,载自然科学史研究所主编《中国古代科技成就》,北京,中国青年出版社,1978 年,117 页。

给出一般算法。直到 18 ~ 19 世纪,瑞士数学家 L · 欧拉 (Euler, 1707 ~ 1783 年),法国数学家 C · F · 高斯 (Gauss, 1777 ~ 1855 年)才重新对一次同余组进行深入研究,获得了与秦九韶“大衍求一术”相同的定理,并对模数两两互素的情形给出了严格的证明。但他们的工作已比秦九韶晚了五百多年。

秦九韶的其他数学成就还有:提出了高次方程数值解法的“正负开方术”;应用互乘相消法代替传统的直除法,改进了线性方程组的解法;在开方计算中,发展了三国时数学家刘徽的开方不尽求微数的思想,最早使用十进位小数来表示无理根的近似值;在几何方面,提出了已知三角形三边之长求其面积的公式“三斜求积术”,即若设三角形面积为 A ,三边之长分别为 a 、 b 、 c ,则:

$$A = \sqrt{\frac{1}{4} \left[a^2 b^2 - \left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2} \right)^2 \right]}$$

这个公式等价于古希腊著名的海伦公式:

$$A = \sqrt{S(S-a)(S-b)(S-c)}, \text{ (其中 } S = \frac{a+b+c}{2} \text{)}$$

在秦九韶的一系列数学成就当中,大衍求一术和正负开方术都在当时世界上居于领先地位。

第五章

科学技术的 高峰(明清时期)

第一节 中国古代的“百科全书” ——《本草纲目》

李时珍,字东璧,号濒湖,今湖北蕲春县蕲州镇人。一般认为,他生于公元1518年,卒于公元1593年。^①但据李裕先生等在《李时珍和他的科学贡献》一书中的考证,上述有关李时珍的生卒之年是不可靠的;李时珍应生于公元1515年(明·正德十年),卒于公元1590年(明·万历十八年)。^②李时珍在我国科学技术史上占有十分突出的地位,他为中华文明和世界文明作出了巨大的贡献。李时珍一生中著作颇多,除了举世闻名的《本草纲目》之外,现存的还有《濒湖脉学》、《脉诀考证》、《奇经八脉考》等。

《本草纲目》是李时珍一生中最重要的也是影响最大的一部著作。为了这部著作,李时珍“搜罗百氏,采访四方。始于嘉靖壬子,终于万历戊寅。稿凡三易”(《本草纲目·序例》),前后花了近27年的时间,其中经过三次大的修改,才于公元1578年(明·

① 见《辞海》“李时珍”条,上海辞书出版社,1989年版缩印本,1428页。

② 李裕等编:《李时珍和他的科学贡献》,武汉,湖北科学技术出版社,1985年,197页。

万历六年)撰成,几乎耗费了他毕生的精力。《本草纲目》初刻于公元1590年(明·万历十八年),其内容除医学外,还包括生物学、矿物学、化学等多个自然科学方面的丰富知识。

一 《本草纲目》诞生的主要原因

1. 李时珍的主要科学活动是在明代嘉靖中期至明代万历初期的大约30多年的时间内。这一时期,明王朝内虽然有重重的矛盾,但从经济上看,却出现了相对繁荣的局面。明朝永乐年间开始的大规模海上贸易(郑和下西洋),使国内外的商业交往多了起来。自嘉靖以来,农业、手工业包括纺织、采矿、冶金以及印刷等各行各业的生产水平,都得到了较大的提高,使得与经济发展相一致的科学文化也有了长足的进步。一些专门行业的发展,使我国固有的封建经济中出现了资本主义的萌芽。

2. 在医药方面,自明朝初年以来就受到重视,明太祖朱元璋“首设医院,重设医学”就是一例。到了嘉靖年间,“明世宗虽然昏庸,但却注意保命,还企图长生不老。他曾敕命重刊《医方选要》和《卫生易简方》两部方书。明王朝一定程度的重视,促进了医药的发展,出现了戴思恭、万全等名医,他们在学术上都各有特点,并有不同程度的创新。药学方面,不少医家都注重本草的研究,连明朝朱氏宗室诸王也爱好本草学。许多讲究实用的本草著作相继面世。如洪武时周定王朱肃撰的《救荒本草》、宣德中宁献王朱权撰的《庚辛玉册》。其他有《本草集要》(弘治间王纶编)、《食鉴本草》(嘉靖间宁原编)、《本草绘编》(汪机编)等。可见,明代研究和编著本草之风颇盛。随着生产、科学技术和医药事业的发展,以往的历代本草,由于其错谬和缺陷较多,显然不能适应需要。因此,重新编撰一部更加完整、系统、科学而又具有实用价值和参考价值的大型本草书,就成为必要的了。在这种历史条件下,李时珍撰修《本草纲目》,不仅是由于他个人的

天赋、奋斗决心和种种特殊条件所决定,也是社会和科学技术发展的合乎规律的结果。”^①

3. 家庭的影响。李时珍的父亲李言闻(字子郁,号月池)就是当时一位精通医药、以医术济世的名医,曾在京师任太医院的吏目,并著有《四诊发明》等医学著作。家庭环境的熏陶和子承父业的影响,使李时珍自小就具有接触医药学的条件,有可能很早就跟随父辈一块行医。这些都为李时珍后来成为有名的医药学家,并在学术上取得重大成就奠定了比较扎实的基础。

4. 仕途的挫折,增强了李时珍的自尊心和决心奋斗、走个人成才道路的信心。据李裕等先生的考证,李时珍在十四岁时补诸生;所谓诸生,又称生员,也就是秀才。然而在以后的数年中,李时珍曾经参加过三次科考,却次次都“名落孙山”,始终也没有考取举人,这对李时珍的打击之大是可想而知的。科场失意的耻辱使他发愤读书,钻研学问,传说其十年不出家门,一心一意 在医药学等方面发挥自己的聪明才智,从而取得了巨大的成功。

二 《本草纲目》与鄂东四大名医

《本草纲目》的撰修完成与鄂东地区这一我国历史上的名医荟萃之地有着一定的联系。据目前了解的有限资料,鄂东地区在历史上曾出现过不少名医,宋明以来除李时珍外,其中最著名的还有:北宋时今湖北省浠水县的庞安时,字安常(1042~1099年);明代今湖北省罗田县的万全,字事,号密斋(1488~?);清代广济县(今武穴市)的杨际泰(1774~1856年)。他们与李时珍一起被后人并称为鄂东的四大名医。纵观这四大名医的各种情况,他们除了医术精湛、医德高尚这一共同特点外,在以下三个

^① 李裕等编:《李时珍和他的科学贡献》,武汉,湖北科学技术出版社,1985年,5~6页。

方面的情况也比较相似。

1. 这四大名医都是出身于医学之家,有的是几代行医。除李时珍外,万全一家是三代行医,其祖父万杏城、父亲万菊轩都是乡里远近闻名的医生;庞安时一家也是世代业医,其祖父、父亲均是当地小有名气的医生。家庭环境的熏陶,使他们很小就有了接触医药学的条件,为他们后来成为有名的医药学家,并在学术上取得重大成就奠定了比较扎实的基础。

2. 四大名医都因各自不同的原因而放弃了仕途,从而继承父业,专心从医。仕途的挫折增强了他们的自尊心和决心奋斗、走个人成才道路的信心;科场失意的耻辱使他们发愤读书,钻研学问,一心一意在医药学方面发挥自己的聪明才智,从而获得了成功。

3. 四大名医不仅医术高超,都有各自的医学著作传世,并在不同程度上对我国古代的医药学作出过贡献。庞安时曾为苏轼看过病,其医道甚得苏氏的好评,著有《伤寒总病论》等多部著作,其《伤寒总病论》一书是对汉代伟大医学家张仲景《伤寒论》解释最完整的一部著作。万全所著的《万密斋医学全书》可算是我国历史上除《本草纲目》外的又一部医学全书,曾被收入清代康熙年间编纂的《古今图书集成·医部全录》,为皇家珍藏,并流传到日本、朝鲜和东南亚各国。湖北省武穴市横岗山下的百家园,是鄂东四大名医之一的杨际泰的故居。鸦片战争时期,杨际泰潜心研制了系列戒鸦片毒的秘方,故而民间流传“林则徐销烟斩毒源,杨际泰戒毒断病根”的口碑。杨际泰晚年为了将毕生医学临床经验传给后世,撰写了41卷的医学巨著《医学述要》,于道光年间由问心堂木刻刊印,其戒毒秘方至今仍然有着十分重要的现实意义。

从鄂东名医都有自己的医药著作这一“传统”来看,《本草纲目》的诞生不能不认为也是这一“传统”的必然结果。

三 《本草纲目》的主要内容及其在自然科学方面的巨大成就^①

《本草纲目》共分 52 卷,190 多万字,书中收集的药物近 1900 种,药方约 11000 多个。卷一、二为《序例》,介绍全书的来龙去脉。卷三、四为《主治》,概述百病的主治药,列举了 110 多种病症的用药凡例。卷五开始为各论,分为 16 部,依次为:水、火、土、金石、草、谷、菜、果、木、服器、虫、鳞、介、禽、兽、人。各部之下又分类,共有 60 类,类下为种,即按药分条,每药正名为纲,附释为目。条内对每种药的名称、别名、来源、性质、主治的病证、原有认识的正确或错误之处、附方等等,都引用各种文献、资料并结合自身的经验进行了阐述与考证。

1. 《本草纲目》首先是一本医药书,而且是一本“集诸家之大成”的医药书,书中所列的各种治病药方及历代诸家的用药经验,都被后世许多医家作为临床参考,也是许多初学中医的医生们进行临床实践的指南。直到今天,现代的医家或研究者在查找某一中草药的有关性质及使用方法时,首先要查找的就是《本草纲目》,并以其中的记载作为自己实验或实践的依据或指南。

《本草纲目》中收集的药物近 1900 种,包括动物、植物、矿物等等,而且每一种药物都有比较科学的分类和比较详细的阐述和考证,因此,该书在自然科学的许多方面都取得了巨大的成就。例如:

(1)《本草纲目》中记载的动物有 460 多种,许多品种李时珍都经过实际考察。如鲚鲤(即现今人们常说的穿山甲)一物,该

^① 李裕等编:《李时珍和他的科学贡献》,武汉,湖北科学技术出版社,1985 年,13~107 页。

书中记载：

鲮鲤状似鼉而小，背如鲤而阔，首如鼠而无牙，腹无鳞而有毛，长舌尖喙，尾与身等。尾鳞尖厚，有三角，腹内脏腑俱全，而胃独大，常吐舌诱蚊食之。曾剖其胃，约蚊升许也。

从外形观察到内脏解剖，如此详细的动物资料，直到今天仍然是十分珍贵的。又如金鱼，该书中记载：

金鱼有鲤、鲫、鳊、鲮数种，鳊、鲮尤难得。独金鲫耐久，前古罕知。惟《北户录》云：出邛笮塞江，脑中有金。盖亦讹传。《述异记》载：晋桓冲游庐山，见湖中有赤鳞鱼。即此也。自宋时有畜养者，今则处处人家养玩矣。春末生子于草上，好自吞啖，亦易化生。初出黑色，久乃变红，又或变白者，名银鱼。亦有红、白、黑斑相间无常者。

金鱼是鲫鱼的变种，家养历史始于宋代，因物种变异的原因，在家养过程中又可以变成红、白、黑等相间的颜色。伟大的生物学家达尔文(C. Darwin, 1809 ~ 1882 年)在论证其物种变异学说时，就间接地引用了《本草纲目》中的这一资料。

(2)《本草纲目》中记载的植物近 1200 种，分别按草、谷、菜、果、木分为五部，每部中又分为不同的类，在每一类中又根据植物的根、茎、叶、花、实的相似与差别进行更精细的区分。这种“析族区类，据纲分目”的分类方法，已经大致接近于现代植物分类学的纲、目、科、属、种的分类系统。

(3)《本草纲目》中记载的矿物有 260 多种，每一种矿物都按其名称、品种、形状、性质、作用、分布、鉴别方法以及找矿、采矿和冶炼的方法等等，分别进行阐述，实际上是一部药用矿物学的

综论。例如,关于黄金,该书中记载:

金有山金、沙金二种。其色七青、八黄、九紫、十赤,以赤为足色。和银者性柔,试石则色青;和铜者性硬,试石则有声。

对于金的品种说得十分清楚。而其鉴别黄金成色的方法,不仅在当时是十分先进的,就是在今天也是地质工作者野外鉴别金矿石的常用方法,又是现今人们一般鉴别黄金制品的常用方法。

2.《本草纲目》中还记载有许多有关物理、化学、天文、地理、农业、气象等方面的知识,例如:

- (1)“胆矾乃铜之精液,味辛酸”,是水法炼铜的原理所在;
- (2)“太阳,真火也”,是说太阳是个大火球,与现代人们的科学认识是相近的;
- (3)“粳亦稷属之,先熟而鲜明者,故谓之粳。种自占城国,故谓之占。俗作粘者,非矣”,明确地指出了占稻的名称、来历、特性等;
- (4)“石油所出不一,出陕之肃州……自石岩流出,与泉水相杂,汪汪而出,肥如肉汁。土人以草挹水缶中,黑色颇似淳漆,作雄硫气。土人多以燃灯,甚明”,将石油的出处、外观及气味、用途等,都作了较详细的记载。

可见,《本草纲目》中所记载的不仅是我国古代的医药学方面的知识,也几乎涉及到自然科学的所有领域,因此该书被达尔文誉为“中国古代的百科全书”;李时珍不仅是一名医药学家,也是一名伟大的自然科学家。

四 《本草纲目》中的化学制药知识

《本草纲目》作为一部医药学方面的著作,涉及到众多药物的制备,其中就包括一些有关化学制药的记载。我国有关化学

制药的历史是十分久远的,古代的炼丹术中就孕育着化学制药的萌芽。不过道教的炼丹家们往往以十分隐晦的语言来记述其炼丹的过程,使人们难以了解其详细的情况。而《本草纲目》中有关化学制药的记载,不仅记述了一种药物的作用和用途,而且对其制造方法也用十分明确的语言详细地表述了出来。现就该书几条有关化学制药的记载略作介绍和论述。

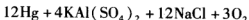
1. 甘汞的制造方法

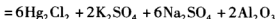
甘汞(Hg_2Cl_2),现代的化学名称是氯化亚汞,我国古代又称之为轻粉、水银粉等。《本草纲目》“水银粉”条记载:

升炼轻粉法:用水银一两、白矾二两、食盐一两,同研不见星。铺于铁器内,以小乌盆覆之。筛灶灰,盐水和,封固盆口。以炭打二柱香,取开则粉升于盆上矣,其白如雪,轻盈可爱。一两汞可升粉八钱。又法:水银一两、皂矾七钱、白盐五钱,同研。如上升炼。……海客论云:诸矾不与水银相合,而绿矾和盐能制水银成粉。

这里共记载了两种制甘汞的方法,用的是两种不同的配方,前一种配方中使用的是白矾(即明矾),后一种配方中使用的是皂矾(即绿矾)。两种配方所使用的制造方法都是“升炼”,即现代化学研究中称之为“升华”的方法。

据赵匡华等考证,《本草纲目》中所载的第一种制造甘汞的方法是引自宋·掌禹锡《嘉祐本草》(1057年前后成书),这个方法里采用了白矾。有关这种制造甘汞的方法,早在1922年王季梁先生就对此进行过验证,结果是得到了纯净的甘汞。王先生认为按照这个方法进行配方和操作,“升炼”时发生的主要化学反应为:



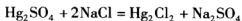
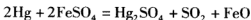


生成的甘汞在 383°C 时升华,凝结在覆盖的乌盆内表面上。^①

后来,赵匡华等又对该法作了进一步验证,同时加大了明矾的用量,结果也得到了纯净的甘汞,其形为白色针状结晶,^②确如《本草纲目》中所描述的“其白如雪,轻盈可爱”。正因如此,甘汞在古代又被称为“轻粉”。

更值得注意的是:从《本草纲目》关于甘汞的外观描述“其白如雪,轻盈可爱”来看,作为医药家的李时珍在当时一定亲自制造过甘汞,否则,不会作出如此确切而又形象的描述。如果这一推测成立的话,这将是在今天的湖北大地上最早出现的用化学方法制造甘汞的实验记载。

《本草纲目》中记载制造甘汞的第二种方法的配方中使用的是皂矾。皂矾,其主要成分是硫酸亚铁(FeSO_4),在我国古代又称之为绿矾、青矾等,有天然物,也可以人工烧制;因其常常作为染制黑色的原料使用,所以又称之为皂矾。按照这一方法,用皂矾制造甘汞时的主要化学反应为:



生成的甘汞升华后凝结在覆盖的乌盆内表面上。^③

在介绍了甘汞的制造方法后,《本草纲目》“水银粉”条中还同时记载了该药所适用的病症,如“痰涎积滞,水肿鼓胀”、“杨梅毒疮、下疳阴疮”等。

2. 铅粉的制法

铅粉,现代化学名称是碳酸铅或碱式碳酸铅,我国古代称之为粉锡、胡粉等。《本草纲目》“粉锡”条记载:

①②③ 转引自赵匡华等:《关于中国炼丹术和医药化学中制轻粉、粉霜诸方的实验研究》,载《自然科学史研究》,第2卷第3期,1983年。

古人名铅为黑锡，故名粉锡。……辰粉尤真，其色带青。彼人言造法：每铅百斤熔化削成薄片，卷作筒，安木甌内，甌下、甌中各安醋一瓶，外以盐泥固济，纸封甌缝，风炉安火四周，养一七便扫入水缸内，依旧封养，次次如此，铅尽为度。不尽者，留炒作黄丹。……范成大《虞衡志》言：桂林所作铅粉最有名，谓之桂粉……其法：铅块悬醋缸内，封闭四十九日，开之则化为粉矣。化不白者，炒为黄丹，黄丹滓为密陀僧，三物收利甚博。

这里所记载的两种制造铅粉的方法，实质相同。前者采用了加热的方式，使化学反应能以加速进行，所以“封养”的时间比较短；后者没有采用加热，“封养”的时间就比较长。

这两种制造铅粉的方法，其原理是：铅与醋的蒸气作用生成醋酸铅，将醋酸铅“扫入水缸内”被水浸一段时间后，逐渐地与空气中的二氧化碳作用，生成碳酸铅或碱式碳酸铅。

3. 铅霜的制法

铅霜，现代化学名称是醋酸铅。《本草纲目》“铅霜”条记载：

铅霜用铅，杂水银十五分之一，合炼作片，置醋瓮中密封，经久成霜。……以铅打成钱，穿成串，瓦盆盛生醋，以串横盆中，离醋三寸，仍以瓦盆覆之，置阴处，候生霜刷下。

这里也记载了两种制造铅霜的方法，第一种方法是李时珍从成书于北宋时的《图经本草》中引述来的。这种方法是将铅与水银“合炼作片”，使铅先生成铅汞齐，然后铅与醋的蒸气作用生成醋酸铅。

需要指出的是，铅霜与铅粉的制造方法大致相同，又同为白色物质，但是铅霜与铅粉的化学组成不同，性质是截然不同的。

铅粉不溶于水,古代主要用于化妆和绘画;而铅霜是一种可溶于水的物质,有甜凉的收敛感,现代称之为“铅糖”,古代曾用作收敛剂。

正是由于铅霜易溶于水,制造出的铅霜比较容易与空气中的二氧化碳作用生成铅粉,所以要想制出纯净的铅霜是比较困难的。所以,上述《本草纲目》中所记载的两种制造铅霜的方法,得到的都不可能是纯净的铅霜,而只能是铅霜与铅粉的混合物。

《本草纲目》中有关化学制药方法的记载,有些是李时珍从古代文献中引述的,有些是李时珍从民间收集或通过亲身实践而获得的,它们对于研究我国古代的制药及化学史都有着重要的意义。

五 《本草纲目》与《天工开物》

《本草纲目》与《天工开物》,分别是我国明代两位伟大的科学家李时珍和宋应星的著作。从时间上看,李时珍的《本草纲目》(初刻于1590年)在前,宋应星(1587~1666年)的《天工开物》(初刻于1637年)在后。那么,前者对后者是否存在什么影响呢?事实证明是有一定影响的。

1. 《本草纲目》应为宋应星阅读与研究

根据李裕等编著的《李时珍和他的科学贡献》一书介绍,《本草纲目》的第一次重刊本是明代万历三十一年(1603年)在江西印刷的,习称“江西本”。重刊本中增加了三个内容:一是当时巡抚江西的都察院右副都御史夏良心的《重刊本草纲目序》;二是当时江西按察史张鼎思的《重刊本草纲目叙》;三是李时珍的次子李建元的《进本草纲目疏》,是呈给当时万历皇帝的。^① 1603

^① 李裕等编:《李时珍和他的科学贡献》,武汉,湖北科学技术出版社,1985年,14~15页。

年,宋应星 17 岁,正是读书的年纪,当然有可能读到或听说过《本草纲目》一书;此外,宋应星于明代万历四十三年(1615 年)与其兄同时考取举人,时称“奉新二宋”,作为当时的读书人,阅读曾进呈皇上并由本地的父母官作序、又是在本地重刊的《本草纲目》,应该是十分可能的。

2. 《天工开物》中较多地引用了《本草纲目》中的有关内容 潘吉星先生指出:

《天工开物》虽大部分据作者调查而写成,但也有不少地方引自前书,尤其是《本草纲目》被引用达二十余次。……研读时,宜首先看《本草纲目》有关内容,再与本书对照。如《天工开物·乃粒》云:“深耕二字,不可施之菽类,此先农之所未发者。”查《本草纲目》卷 24《谷部·大豆》,则可知汉代《汜胜之书》便称“夏至种豆,不用深耕”,则先农早有此说矣。《乃服·造红花饼法》、《五金》中造胡粉、黄丹法,《丹青》中升炼银朱,《曲蘖》中造种曲法,《珠玉》中玛瑙种类及测试法及《五金》中制铜合金原料等处,都直接引自《本草纲目》有关卷,而未言明。^①

(1) 宋应星在《天工开物》中引用了《本草纲目》中的内容,并根据自己的研究又有不同的见解。如:

李时珍说:“稷与黍,一类二种也。粘者为黍,不粘者为稷。稷可作饭,黍可酿酒。犹稻之有粳与糯也”。又指出,苏颂“误以黍为稷,以秫为黍也。盖稷之粘者为黍,粟之粘者为秫”。还说:“大抵粘者为秫,不粘者为粟”,“粟即粱也”,“秫即粱米,粟米之粘者”。而《天工开物》则说:“凡黍与稷同类,粱与粟同

① 潘吉星:《〈天工开物〉导读》,成都,巴蜀书社,1988 年,29 页。

类。黍有粘与不粘(粘者为酒),稷有稂无粘。凡粘黍、粘粟,统名曰秫,非二种外更有秫也”。李、宋所述,有同有异,可以明显地看出,宋应星在这里参照了《本草纲目》的有关内容,而自己又有不同见解。^①

(2)宋应星在《天工开物》中指出了《本草纲目》中的某些不妥之处。如《天工开物·卷序》:“乃枣梨之花未赏,而臆度楚萍。”李时珍在《本草纲目》萍蓬草条曰:“昔楚王渡江得萍实,大如斗……盖此类也。”认为“萍实”就是萍蓬草之果实,这确实是臆度、推测之说。^②

(3)宋应星在《天工开物》中对《本草纲目》某些内容的指责,现代研究表明是错误的。如《天工开物·丹青》中说:“其汞海、草汞之说,无端狂妄,耳食者信之”,是指《本草纲目》水银条中引《墨谈》中的记载:“拂林国当日没之处,地有水银海……”现代研究表明,自然界里确实有水银湖存在,在马齿苋等植物中也确实含有汞,《本草纲目》中的论述并没有错。^③

以上所述表明,宋应星在撰写《天工开物》之前,不仅阅读过《本草纲目》,而且还进行过比较深入的研究。所以李裕等先生指出:

宋应星“对《本草纲目》的研究,一方面从中学到了许多知识,获得了大量资料;另一方面他力图纠正《本草纲目》中自己认为错误的东西,因而在很大程度上促进了他的科学实践和《天工开物》的写作”;另外,由于宋应星“过分注重经验而在理

① 李裕等编:《李时珍和他的科学贡献》,武汉,湖北科学技术出版社,1985年,152~153页。

②③ 李裕等编:《李时珍和他的科学贡献》,武汉,湖北科学技术出版社,1985年,154~155页。

论上有所忽视,所以不可避免地在他的著作中带来了某些不应有的片面性”。^①

总之,《本草纲目》是宋应星撰写《天工开物》时的主要参考书之一,前者对后者有着一定的影响。

第二节 《髹饰录》——我国现存唯一的古代漆工艺专著

一 《髹饰录》简介

《髹饰录》是我国目前所发现的唯一的一本有关古代漆工艺的专著,在此之前虽然也有过漆工艺的著作出现,但是都已经佚失了。王世襄先生说:

第一部见于著录的专书是五代朱遵度的《漆经》(见《宋史·艺文志》),惜早已失传。现在能看到的古代专著,明黄成的《髹饰录》要算是仅存的一部了。^②

王先生在1983年出版的《髹饰录解说》一书,以考古发掘出土的漆器以及故宫收藏的漆器实物等为依据,从多方面对《髹饰录》作了比较详细的考证与研究。下面主要依据《髹饰录解说》一书中的有关内容,简介如下:

1. 《髹饰录》流传及出版经过

王世襄先生指出:

① 李裕等编:《李时珍和他的科学贡献》,武汉,湖北科学技术出版社,1985年,156页。

② 王世襄:《髹饰录解说》,北京,文物出版社,1983年,5页。



《髹饰录》虽是我国现存唯一的古代漆工专著，但三四百年来只有一部抄本保存在日本。直到一九二七年才经朱启铃先生刊刻行世。关于它的流传及出版经过，见朱启铃先生的《髹饰录弁言》。^①

朱启铃先生《髹饰录弁言》中记载：

即此名著，硕果仅存。日儒抱残守阙，奉为楷模。大村西崖氏珍如枕秘，赞美不置。逢书求索，幸得寓目。惜展转传抄，讹夺过甚。赖有寿碌堂主人，博引群书，加以疏证，推绎数四，方得卒读。顷者黼校既竟，先复录注旧观，即付剞氏。杀青甫就，又闻大村氏遽归道山，未共欣赏，戚然久之。摘录大村氏原函，以志来历……。

《髹饰录》一书，初木村孔恭（字世肃，堂号蒹葭，以博识多藏闻于世。享和九年，即清嘉庆二年卒），藏抄本一部。文化元年（嘉庆九年）昌平坂学问所（德川幕府所置儒教大学）购得之。维新之时，入浅草文库，后转归帝室博物馆藏，并有印识可证。我美术学校帝国图书馆及尔余两三家所藏本，皆出于蒹葭堂本，未曾有板本及别本。^②

阙铎《髹饰录跋》中记载：“右《髹饰录》二卷，明黄成著，杨明注。日本享和年间，当我国乾、嘉之际，木村孔恭氏蒹葭堂藏钞本一部。嗣是展转传钞，而原钞本入昌平坂学问所及浅草文库，最后乃归帝室博物馆。其现在帝国图书馆及美术学校所藏钞本，皆自蒹葭堂本钞出者也。……甲子、乙丑间，紫江朱公桂辛，于校刊宋李明仲《营造法式》之暇，命铎蒐辑古今治髹漆之

① 王世襄：《髹饰录解说》，北京，文物出版社，1983年，5页。

② 转引自王世襄：《髹饰录解说》，文物出版社，1983年，16～17页。

书,理董以成《漆书》。求朱遵度《漆经》,苦不可得。适读日儒大村西崖氏《支那美术史》,极道此书之美。即移书索之,历数月始以此本邮寄。朱公又与西崖商榷体例,亲加仇校。先以正文付梓,以复明本之旧。以原抄本付铎装订,谨受而识其缘起如右。”^①

从以上记载可以看出,《髹饰录》一书在黄成撰写并经杨明加注之后,或许曾经刻印出版过,《杨明髹饰录原序》中已经注明:“今每条赘一言,传诸后进,为工巧之一助云。”^②如果未曾刻印出版,又如何能以“传诸后进”呢?可能是印数不多或其他原因,该书在我国国内没有保存下来而佚失。此外,如果没有刻印出版的话,在日本也不太可能有其抄本存在。有幸的是该书至迟在清代嘉庆之前就流传到了日本,而且以抄本的形式保存了下来,后经朱启钤先生的努力才得以刊行于世。

2. 《髹饰录》主要内容简介

《髹饰录》一书分为《乾集》和《坤集》,共二卷。《杨明髹饰录原序》中已经说明,“新安黄平沙称一时名匠,复精明古今之髹法,曾著《髹饰录》二卷”。《乾集》二章,《坤集》十六章,共十八章,一百八十六条。

两卷《髹饰录》被分别命名为《乾集》和《坤集》,黄成在《乾集》一开始就写道:“乾所以始生万物,而髹具工则,乃工巧之元气也。乾德大哉!”黄成认为“乾”具有开始、准备等意思,所以将其第一卷命名为《乾集》。另外,黄成认为“坤”具有变化、发展等意思,即所谓“坤所以化生万物,而体质文饰,乃工巧之育长也。坤德至哉!”所以,他将其第二卷命名为《坤集》。^③

① 转引自王世襄:《髹饰录解说》,北京,文物出版社,1983年,186页。

② 转引自王世襄:《髹饰录解说》,文物出版社,1983年,19页。

③ 王世襄:《髹饰录解说》,北京,文物出版社,1983年,25、67页。

《乾集》的内容又分为“利用第一”与“楷法第二”二章,即两部分。前者是论述“髹具”——髹漆所用的各种工具以及各种主要原料,后者是论述“工则”——髹饰过程中应该注意的问题、容易出现的问题及其产生的原因。黄成认为,拥有和掌握这些是漆器工匠进行髹饰工艺的基础——“元气”之所在。现代漆工实践也表明,如果不拥有和掌握这些、特别是在实践中需要不断地摸索和掌握髹饰工艺中出现的问题,要想制造出精美的漆器是不可能的。

《坤集》的主要内容是论述漆器制造时的各种工艺方法,分为十六章。他们按照《乾集》中“利用第一”、“楷法第二”的顺序连续排列下来,所以《坤集》中的第一章为“三”、最后一章为“十八”。这十六章均是关于漆工艺的论述,如“质色第三”(即第三章)中就包括有“黑髹”、“朱髹”、“黄髹”、“绿髹”、“紫髹”、“褐髹”、“油饰”、“金髹”八个方面,而每个方面又细分为不同的小类别。可以说,《髹饰录》中所论述的各种漆器及其工艺制法,几乎囊括了我国几千年漆器制造工艺中的所有漆器品种和工艺制法。王世襄先生将《髹饰录》中的十八章、一百八十六条中的主要内容列成了一个简单的表格,现摘录如下:

表 5—1 髹饰录内容简表^①

类别	章名	条数	内 容	内容 归纳
乾集	(乾集序)	1	总论制造方法	制造 方法
	利用第一	40	漆工的原料、工具及设备	
	楷法第二	31	各种漆工容易发生的毛病及所以发生毛病的原因	

① 王世襄:《髹饰录解说》,北京,文物出版社,1983年,6页。

集别	章名	条数	内 容	内容 归纳
坤集	(坤集序)	1	总论漆器分类	分类
	质色第三	9	单纯一色不加纹饰的各种漆器	叙述
	纹袍第四	5	表面有不平细纹的各种漆器	各类
	罩明第五	5	打色地上面罩透明漆的各种漆器	漆器
	描饰第六	6	用漆或油描花纹的各种漆器	
	填嵌第七	8	填漆、嵌螺钿、嵌金、嵌银的各种漆器	
	阳识第八	6	用漆堆出花纹的各种漆器	
	堆起第九	4	用漆灰堆出花纹上面再加雕刻描绘的各种漆器	
	雕镂第十	13	雕漆、雕螺钿的各种漆器	
	戗划第十一	3	刻画细花纹再填金、填银或填色的各种漆器	
	扁烂第十二	20	两种或两种以上的纹饰相结合的各种漆器	
	复饰第十三	6	某种漆地与一种或一种以上的纹饰相结合的各种漆器	
	纹间第十四	7	填漆类中的某种做法与戗划类中的某种做法相结合的各种漆器	
	裹衣第十五	5	胎骨上面不上漆灰而用皮或织物蒙裹的各种漆器	
	单素第十六	5	简易速成,只上一道漆的各种漆器	
共计	质法第十七	8	漆器的基本制造过程	制造
	尚古第十八	4	修补及摹仿旧漆器	方法
共计	18 章	186 条		

3. 《髹饰录》的价值所在

王世襄先生在《髹饰录解说》一书的“前言”中,从五个方面阐述了《髹饰录》的价值所在,现摘录如下:

(1)使我们认识到祖国漆工艺的丰富多彩

我们去博物馆或工艺美术展览参观漆器,品种纷呈,文饰夺目,往往使人赞叹不已。倘进而再读一读《髹饰录》,就会发现一般博物馆及展览会所陈列的,还只不过是传统品种的一小部分。这就更加认识到我国传统漆器丰富多彩到何种程度!……

(2)《髹饰录》是研究漆工史的重要文献

研究明代漆工艺,《髹饰录》的重要性是无可比拟的,就是探索更早的漆工史,也有重大的参考价值。……

(3)《髹饰录》为继承传统漆工艺,推陈出新,提供了宝贵资料

《髹饰录》用了更多的篇幅叙述各种漆器的形态和作法,这些材料更为宝贵。……根据本书的描述进行挖掘试制,若干已经中断或久已失传的品种是可以获得新生的。……另一方面由于《髹饰录》讲到不同品种相互结合,可以帮助我们掌握漆工的变化规律,使髹饰工艺呈现出新的面貌。……《髹饰录》正是在这方面蕴含着大量的、宝贵的漆工资料,等待我们去寻绎、研究和应用。

(4)《髹饰录》为髹饰工艺提出了比较合理的分类

《髹饰录》讲到的漆器品种虽甚繁多,但是阅读起来并不觉得庞杂纷乱,相反地却不难得到一个比较系统的概念。这不能不归功于黄成的分类。本书是按漆器的特征来分门别类的。……仅仅这一比较合理的分类,黄成已为漆工研究者开辟了方便的途径。

(5)《髹饰录》为漆器定名提供了比较可靠的依据

有的博物馆工作者谈到过如下的体会,即为古代漆器编目,往往感到定名称有困难。如沿用过去古玩业的旧称,既嫌笼统,不能表明其特点,又不免众说纷纭,莫衷一是。及待查阅了《髹饰录》,就找到了比较可靠的定名依据。……

《髹饰录》的价值除上述几点之外,它还强调要有严肃认真的工作态度;反对粗制滥造,违反操作规程;反对造假古董,用以牟利欺人。……这些严格要求自己,重视质量,实事求是,一丝不苟的科学精神,也是值得我们学习的。^①

二 《髹饰录》诞生的原因

1. 作者黄成和注者杨明的生平与《髹饰录》诞生的关系

王世襄先生指出:

黄成,字大成,新安平沙人,是隆庆(1567~1572年)前后的一位漆工。他的著作总结了前人和他自己的经验,较全面地叙述了有关髹饰的各个方面。此书在天启五年(1625年)又经嘉兴西塘的杨明(号清仲)为它逐条加注,并撰写了序言。西塘又名斜塘,是元、明两朝制漆名家彭君宝、张成、杨茂、张德刚的家乡。杨明可能是杨茂的后裔。^②

木子先生在《黄成与〈髹饰录〉》一文中指出:

黄成,字大成,号平沙。安徽新安(今安徽省黄山市)人。他精通油漆技术,所制造的剔红漆器可与北京果园厂制造的皇家御用漆器剔红作品相媲美。由于他的作品精良,所以价格很高。清代吴騄在《尖阳丛笔》卷五中记:“明隆庆时,新安黄平沙造剔红,一合三千文。”当时,三千文钱可购买上等机布六匹,约合雇工一年多的工钱。明代高濂的《遵生八笺》卷十四中记:“穆宗时,新安黄平沙造剔红,可比园厂,花果人物之妙,刀

① 王世襄:《髹饰录解说》,文物出版社,1983年,7~8页。

② 王世襄:《髹饰录解说》,文物出版社,1983年,5页。

法圆活清朗。”……此书在天启五年(1625年)又经嘉兴西塘的杨明(号清仲)逐条加注,并撰写了序言,使内容更加翔实。^①

明代隆庆年间只有5年左右,而隆庆时黄成的剔红漆器已经十分著名;穆宗即是明穆宗,其在位的年号就称为隆庆。由此可以看出,黄成是明隆庆之前的人,其漆工艺在隆庆年间已经十分著名而已。

黄成是新安人,本身就是一名精通漆工技法的工匠;其剔红漆器可与果园厂制造的皇家御用品媲美,而果园厂漆器作坊早期就是由张成的儿子张德刚领导的,其剔红工艺当然属于西塘派的。这不仅说明黄成的剔红工艺已经达到了张成、杨茂、张德刚的水平,同时也说明黄成的剔红工艺与西塘派的剔红工艺是相近的。由此可以认为:黄成不仅对于元末明初浙江嘉兴西塘派的漆器工艺有着比较全面的认识与了解,而且其剔红技术极有可能就是西塘派剔红技术的继承和发展,他们的工艺技术是一脉相承的。此外,《髹饰录·坤集》中关于剔红的记载云:“宋元之制,藏锋清楚,隐起圆滑,纤细精致”,这正是元代末年西塘派漆工张成、杨茂和明代永乐、宣德两朝张德刚等人制作的剔红漆器的特点^②。这不仅再一次说明黄成的髹漆工艺中有许多就是西塘派髹漆工艺的继承与发展,而且也表明元末明初西塘派的髹饰工艺为《髹饰录》的诞生奠定了比较坚实的实践基础。

2. 明朝统治者的重视推动了髹漆工艺的发展

明朝政府对漆的生产极为重视,洪武初年就曾在南京东郊建设漆园、桐园、棕园,以示提倡。到了永乐年间,明王朝又在北京设立了果园厂漆器制造作坊,专门为皇家生产漆器用品;永乐

① 木子:《黄成与〈髹饰录〉》,载《中国文物报》1996年9月1日。

② 王世襄:《髹饰录解说》,文物出版社,1983年,119~123页。

皇帝还专门将张成的儿子张德刚召到北京,具体负责皇家漆器作坊的漆器生产。明代最高统治者的重视推动了当时髹漆业的发展,也使广大民间髹漆工匠在实际生产中对髹漆技术有一个学习、提高的要求,特别是一些高档漆器的生产技术需要得到推广、规范与提高。正是在这一生产需要的背景下,《髹饰录》得以诞生了。《杨明髹饰录原序》中已经说明:“今每条赘一言,传诸后进,为工巧之一助云。”^①从而清楚地证明了这一点。

3. 资本主义经济的萌芽促进了髹漆工艺的发展

明代前期,国内外的交流十分频繁,社会生活中资本主义经济的萌芽已经出现。前面提到的木子先生文章引用清代吴騫《尖阳丛笔》卷五中的记载:“明隆庆时,新安黄平沙造剔红,一合三千文。”当时,三千文钱可购买上等机布六匹,约合雇工一年多的工钱,说明黄成制作的剔红漆器不仅是一种人们十分喜爱的物品,而且也是一种价格很高的商品。资本主义经济的萌芽促进了商品的交换,当然也促进了作为人们喜爱的商品——漆器的生产与交换。为了保证作为商品的漆器的质量,打击假劣产品(如《髹饰录》中提到的用灰漆堆起的假雕红漆器等),使之按正确的方向发展,也有必要对传统的髹漆工艺进行整理与总结。《髹饰录》的诞生也正是这一社会背景下的产物。

三 应从漆工的角度研究《髹饰录》

黄成是一名漆工,并且是一名具有很高髹饰技术的著名工匠,所以他所撰写的《髹饰录》,在语言上十分简短,甚至隐晦难懂,从而使得现代的一些研究者往往不知所云。这当然有该书语言上的问题,此外现代的一些研究者不是专业的漆工出身也是原因之一。现举一例说明之:

^① 转引自王世襄:《髹饰录解说》,文物出版社,1983年,19页。

《髹饰录·乾集》云：

时行，即挑子。有木、有竹、有骨、有角。百物斯生，水为凝泽。

从字面上看，这里所说的挑子，就是用木、竹等制成的、在晒漆或煮漆时用来搅动漆液的工具。实际上，这里所说的挑子的含义除此之外还有一层含义：就是指漆液在晒、煮过程中每次被挑起来时的形状，这是漆工掌握所晒、所煮漆液程度的标准。对此，该条下的杨明注中已经讲得十分清楚了。杨明注云：

漆工审天时而用漆，莫不依挑子，如四时行焉，百物生焉。漆或为垸，或为当，或为糙，或为饱，如水有时以凝，有时以泽也。

我们知道，天然大漆是一种含有一定水分的乳胶液，晒漆或煮漆的目的之一就是去除漆液中的水分，促进漆液中各种化学基团之间的初步聚合。髹漆工艺中不同的场合需要或可以使用含水量不同的大漆，既满足了需要又节约了人力物力。如“垸漆”和“捎当”时可以直接用未经任何脱水处理的生漆（又称原生漆）或仅仅只脱去少量水分的漆，而饱漆（也就是面漆）则需要使用含水量比较少的漆（如制作黑色推光漆时一般要用含水量为6%~8%的漆）。古代的漆工们是没有任何手段来测量漆液中的水分含量，他们只能根据晒漆或煮漆过程中搅拌及挑起漆液时的形状来判断其含水量的多少。20世纪50年代前后，在湖北一些地区的漆工中间流传着一首有关描写大漆质量的顺口溜：

好漆似明油，照见美人头，搅动虎斑色，挑起钓鱼钩。

这几句话都是表示好漆给予人的视觉现象,与《髹饰录·乾集》中记载的:“潮期,即曝漆挑子。鲮尾反转,波涛去来。”以及该条下杨明注:“鲮尾反转,打挑子之貌。波涛去来,挑翻漆之貌。”在意思上完全相同。“搅动虎斑色”是指漆液被搅动时的样子。由于大漆表面因为接触空气的缘故一般呈棕色或棕褐色,而其内部一般是白色或黄白色,这样在搅动时漆的表面就出现了棕白和棕黄相间颜色,既像“虎斑”,又似水的“波涛”,所以杨明说是“挑翻漆之貌”。大漆经过晒或煮的过程中,其内部的某些化学基团之间有了一定程度的聚合,而且随着漆液中水分去除的多少其聚合的程度和漆液的粘度是不同的,用搅漆工具的一端将漆液挑起时,漆液从上向下流动,当流动的漆液线断裂时,其断裂的上半部分漆液的下端有一个向上弹的现象出现,其形状就像“钓鱼钩”,又像“鲮尾反转”,所以杨明说是“打挑子之貌”。“虎斑色”、“钓鱼钩”、“鲮尾反转”、“波涛去来”等,既是指采用晒或煮等方法制造精制漆时,漆液所表现出来的各种现象,也是指搅动和挑起精制过程中的漆液时,漆液所表现出来的现象。大漆质量的好坏、大漆中水分含量的多少,在“挑子”上都有形象的反映,所以杨明说“漆工审天时而用漆,莫不依挑子”,“挑子”形状的不同即表明漆液中水分含量的不同。可见“挑子”对漆工的重要之所在。

上面的例子说明,《髹饰录》中的记载虽然十分简短,甚至有些晦涩难懂,但如果我们自身了解髹饰工艺,或者与髹漆工匠相结合来对其进行研究,就会对《髹饰录》中的内容有更多的认识与了解,从中发掘出更多的髹饰工艺技术,为今天的社会服务。

第三节 地理学巨著——《徐霞客游记》

徐霞客(1587~1641年),名弘祖,号霞客,是明朝末年一位

杰出的地理学家和旅行家,南直隶江阴(今江苏江阴)人。他虽然出身于书香门第,却对科举应试之事不感兴趣,很早就立下了“问奇于名山大川”的志向。从21岁(1607年)起到54岁(逝世前一年)止的34年里,他几乎年年外出旅行。他不辞劳苦,不畏艰险,足迹遍于今江苏、浙江、安徽、江西、福建、广东、山东、河北、河南、湖北、山西、陕西、湖南、广西、贵州、云南以及北京、天津、上海等19个省、区和直辖市(图5—1),对所到之处的山脉、

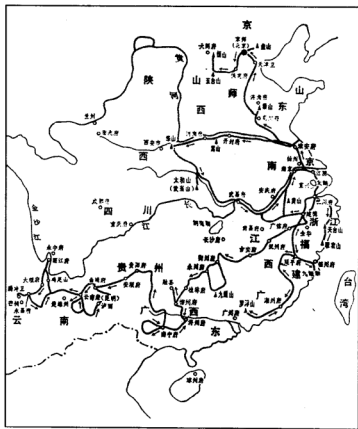


图5—1 《徐霞客游记》路线图^①

① 引自王成祖:《中国地理学史》,北京,商务印书馆,1988年,127页。

河流、地质、地貌、水文、气候、生物、矿产、交通、商贸、工农业生产、城乡聚落、民俗、民族等自然地理和人文地理的各个方面进行了广泛的考察,以旅行日记的形式写出了一部 60 多万字的游记著作《徐霞客游记》(以下简称《游记》)。在这部著作中,徐霞客以实地考察的第一手资料纠正了舆地史籍承袭附会的许多错误,尤其是对我国西南地区岩溶地貌的分布、类型和特征的准确描述和认识,达到了当时世界岩溶学领域的最高水平,为我国和世界地理科学的发展做出了重要贡献。

一 对岩溶地貌的考察和研究

徐霞客对岩溶地貌(喀斯特地貌)的考察和研究,是他在中国科技史上的最突出贡献。

岩溶地貌是石灰岩地层在雨水淋溶的作用下所形成的特殊地貌,它包括石芽、溶沟、孤峰、峰林、漏斗、落水洞、洼地、地下河、溶洞、钟乳石等许多形式。我国地处热带、亚热带的广西、贵州和云南三省区,有厚层石灰岩的连续分布,面积达 50 多万平方公里,这一地区高温多雨的气候条件,使得岩溶地貌发育得十分典型。1636~1640 年,徐霞客在这个地区进行了广泛的考察,对岩溶地貌各种形式的特征、分布和成因都作了详细的记录和分析研究,并对它们进行了定名和分类。

石芽和溶沟是比较低浅的锯齿状的岩溶地貌,在广西和贵州比较普遍。徐霞客形象地把这种地貌称之为“石齿”、“石骨”。他在《游记》中描述道:“石齿如锯,横峰竖愕,莫可投足”^①;“石骨嶙峋,利者割趾,光者滑足”;“石骨棱棱,如万刀攒侧,不堪着足”^②,等等。对于岩溶孤峰和峰林,徐霞客称之为“石峰”,他在

① 《徐霞客游记·黔游日记一》。

② 《徐霞客游记·粤西游日记之三》。

描写广西漓江两岸的峰林时说：“碧崖之南，隔江石峰排列而起，横障南天；上分危岫，几埒巫山，下突轰崖，数逾匡老……”^①他对湖南道州的石峰描写道：“此处山小而峭，或孤峙，或两或三，连珠骈笋……”^②

徐霞客对各种岩溶地貌的考察，不但有生动形象的描绘，而且十分留意它们各自的分布区域。如，他发现柳江两岸与漓江两岸的地貌有明显不同，并将它们做了对比。他说：

自柳州府西北，两岸山土石间出，土山迤邐间，忽石峰数十，挺立成队，峭削森罗，或隐或现，所异于阳朔、桂林者，彼则四顾皆石峰，无一土山相杂，此则如锥处囊中，犹觉有脱颖之异耳。^③

又如，他在考察了桂、黔、滇三省的岩溶地貌以后，最后总结道：

粤西（今广西）之山，有纯石者，有间石者，各自分行独挺，不相混杂。滇南之山，皆土峰缭绕，间有缀石，亦十不一二，故环洼为多。黔南之山，则介于二者之间，独以逼耸见奇。滇山惟多土，故多壅流成海，而流多浑浊，惟抚仙湖最清。粤山堆石，故多穿穴之流，而水悉澄清。而黔流亦介于二者之间。^④

徐霞客的考察结果与现代地貌学的分类基本相符。徐霞客对岩溶地貌的考察，不仅注意各地的区别，而且力求对各种地貌的形成原因做出合理解释。他已认识到流水在岩溶地貌的形成中所

① 《徐霞客游记·粤西游日记一》。

② 《徐霞客游记·楚游日记》。

③ 《徐霞客游记·粤西游日记二》。

④ 《徐霞客游记·滇游日记二》。

起的重要作用。如,他把岩溶漏斗称之为“井”,在描述湖南茶陵的漏斗地貌时写道:“岭头多旋涡成潭,如釜之仰,釜底俱有穴直下为井,或深或浅,或不见其底,是为九十九井。始知是山下皆石骨玲珑,上透一窍,辄水捣成井”^①,明确指出岩溶漏斗的成因是“水捣成井”。又如,他在描述湖南宁远斜岩溶洞时说:“此洞所入水,即岩外四山洼注地中者。……四面水俱潜注,第不见所入隙耳”^②,指出溶洞是由流水的溶蚀作用所致。

溶洞是溶岩地貌的主要特征之一。徐霞客在旅途中十分注意对洞穴的考察。《游记》中记载的溶洞有 280 多个,徐霞客亲自入内考察的约 250 个。在考察中,他对洞穴的形状、大小、深浅,洞口的朝向以及洞中的生物、沉积物、水文等各方面的情况都认真地观察和记述。对有些大的洞穴,为了深入了解其内部情况,他会几次入内反复考察。如,桂林七星岩是一个巨大而复杂的溶洞体系,他于 1637 年先后两次前去考察。第一次,他从上洞七星岩开始,经下洞栖霞洞,过老君舌、獭子潭、红白二毡,抵曾公岩,步测的结果是:“自栖霞达曾公岩,约经过者共二里,复自曾公岩入而出,约盘旋者共三里”^③。第二次,他重点踏勘了七星岩整个山体,查清了山体北面、西面和东南面共 15 个岩洞洞口的准确位置。1953 年,中国科学院地理研究所的科学工作者在七星岩进行了实地勘测,不仅完全证实了徐霞客所考察的 15 个岩洞口,而且用科学仪器所测得的数据竟与徐霞客在 300 多年前目测步量的结果大致相符^④,说明徐霞客当时的考察十分真实可靠。

徐霞客所考察和记述的溶岩洞穴有多种类型,除了上述七星岩十五洞这种多孔洞以外,还有通山洞(如桂林叠采山风洞)、

①② 《徐霞客游记·楚游日记》。

③ 《徐霞客游记·粤西游日记一》。

④ 陈述彭:《桂林七星岩喀斯特洞穴地貌图》,载《地理学资料》,1957 年第 1 期。

多层洞(如桂西南龙英州飘岩)、地下厅(如武州百感岩)、通天洞(如庆远府深井岩)等。对于溶洞中由碳酸钙溶液水滴经过蒸发后所凝结成的千姿百态的钟乳石、石笋、石柱、石幔、石田等,徐霞客不仅作了大量生动形象的描述,而且探讨了它们形成的原因。如,对于倒垂于洞顶的钟乳石,他的描述是:“乳柱花萼,倒垂团簇,不啻千万。……折得石乳数十条,俱长六七寸,中空如管,外白如晶,天成白玉搔头也”^①;对于上下相对而生的石钟乳和石笋,他的描述是:“有下昂首而上、上垂乳而下者,欲接而又不接者”^②;对于沿洞壁而形成的石幔,他描述道:“如悬帛万丈,牵绡回幄”^③;对于形态如层层梯田的石田,他的描述是:“石田鳞次,水满其中”^④。关于这些钟乳石的形成原因,徐霞客指出,“皆玉乳之所融结”^⑤,“盖石膏日久凝胎而成”^⑥,即认识到是由石灰岩溶液从洞顶滴落、其中的水分蒸发后凝结所成。

关于岩溶地貌,北魏郦道元(? ~ 527 年)的《水经注》,北宋沈括的《梦溪笔谈》和南宋范成大(1126 ~ 1193 年)的《桂海虞衡志》等书虽然都有所论述,但徐霞客在考察的广泛和论述的深入方面都大大超过了这些前贤。在西方,也有少数研究者在 19 世纪以前对局部岩溶地貌作过观察和解释。而徐霞客则是在 17 世纪 30 年代就对热带、亚热带的岩溶地貌作了大范围、多数量的考察和较为系统的描述,并对岩溶地貌的成因和地理分布提出了明确的科学观点。这些都是当时的西方学者所未曾达到过的。

① 《徐霞客游记·粤西游日记四》。

②③ 《徐霞客游记·江右游日记》。

④ 《徐霞客游记·楚游日记》。

⑤ 《徐霞客游记·粤西游日记二》。

⑥ 《徐霞客游记·滇游日记十一》。

二 对河流水文的考察和研究

徐霞客对河流的源头和走向问题十分重视。他不迷信经典著作中的记载,在亲自考察了一系列河流之后,发现和纠正了过去地理志书上关于长江源头、珠江水系、横断山水系的许多错误,有些甚至是重大错误。例如,长江是我国最长的河流,它的正源是金沙江。可是,成书于公元前3世纪的《禹贡》却有“岷山导江”的记载,把长江的源头定在岷江。由于《禹贡》被历代封建统治者奉为儒家经典,其关于岷江为长江正源的观点也因此长期居于正统地位。徐霞客自幼生活在长江入海口附近的江阴,滚滚东流的江水使他很早就产生了探索长江源头的兴趣。在年长以后,他旅行到黄河南北,看见黄河“河流如带,其阔不及江(长江)三分之一”^①,从而使他产生了为什么长江江源短,而黄河河源长的疑问。带着这些问题,徐霞客对长江的江源进行了考察并写出了论文《溯江纪源》,以无可争辩的事实材料证明金沙江才是长江的正源。他写道:

河(黄河)源屡经寻讨,故始得其远;江(长江)源从无问津,故仅宗其近。……既不悉其孰远孰近,第见《禹贡》“岷山导江”之文,遂以江源归之。……导河自积石,而河源不始积石;导江自岷山,而江源亦不出于岷山。……推江源者,必当以金沙为首。

徐霞客通过对滇西横断山水系的考察,纠正了明朝官修地理总志《大明一统志》(1461年成书)的许多错误。如,他正确地指出,枯柯河是潞江(怒江)的支流而与澜沧江无关;元江、澜沧

^① 《徐霞客游记·溯江纪源》。

江和潞江均各自流入大海,澜沧江不流入礼社江(红水河)、元江,潞江也不是澜沧江的支流,等等。

长期的野外考察,使徐霞客对河流的侵蚀作用是流水地貌形成的重要原因有了清楚的认识。如,他对湖南茶陵云嵛山的描述是:“大溪自北来,直逼山下,盘曲山峡,两旁石崖水啮成矾。”^①他对广西境内的右江和左江的侵蚀作用也作了描述,说右江“江流击山,山削成壁”^②,说左江“江流自南冲涌而来,狮石首扼其锐,迎流剜骨,遂成狰狞之状”^③。徐霞客还认识到,河流的侵蚀力量的大小与流速有关,而流速又与河床的坡度有关。如,1628年,他在考察福建的宁洋溪(今九龙江)和建溪时发现,两河发源地的相对高度大致相等,但“宁洋之溪,悬溜迅急,十倍建溪”^④。究其原因,他指出,“盖浦城(建溪发源地)至闽安入海,八百余里;宁洋至海澄入海,止三百余里。程愈迫,则流愈急”^⑤,即认识到发源地高度相等的河流,流程愈短则比降愈大、流速愈大,河流的侵蚀力量也愈大。徐霞客的这一科学认识,在我国古代是前所未有的。

三 对火山和地热的考察与研究

云南西部的腾冲,是火山和温泉比较集中的地区。1639年,徐霞客到这里考察,并在《滇游日记九》中记下了当地居民所说的打鹰山火山在三十年前一次喷发前后的情景:

三十年前,其上皆大木巨竹,蒙蔽无隙,中有龙潭四,深莫能测……;后有牧羊者,一雷而震毙羊五六百及牧者数人,连日夜火,大树深篁,燎无孑遗,而潭亦成陆。

① 《徐霞客游记·楚游日记》。

②③ 《徐霞客游记·粤西游日记三》。

④⑤ 《徐霞客游记·闽游日记(前)》。

徐霞客爬山进行了实地考察。他发现“山顶之石，色赭赤而质轻浮，状如蜂房，为浮沫结成者，虽大至合抱，而两指可携，然其质仍坚，真劫灰之余也。”徐霞客所见到的色红而质轻的蜂窝状石头，乃是由火山喷发物所形成的浮石。他对浮石形状和质地的描述都是正确的，对浮石由来的解释也是合乎科学道理的。他的记述，在我国历史上可能也是前无古人的。

对于地下热水资源，徐霞客在《游记》中也作了认真的记述和研究。他将所考察过的地下热水，按水温区分为温泉、热泉和沸泉三类。他对云南永平石洞温泉的描述是：“其汤不热而温，不定而流”^①；对腾冲硫磺塘沸泉的描述是：“其色浑白，从下沸腾，作滚涌之状，而势更厉；沸泡大如弹丸，百枚齐跃而有声，其中高且尺余”^②。他还记载了当时人们利用地下热水的情况，其中最普遍的是用于洗浴治病。如，邓川普陀崆热水洞，“人人洞门，为热气所蒸，无不浹汗，有疾者辄愈”^③。他本人在鸡足山温泉也有一次洗浴治病的亲身经历：

余先以久涉瘴地，头面四肢俱发疹块，累累丛肤理间，左耳左足，时时有蠕动状。半月前以为虱也，索之无有，至是知为风，而苦于无药。兹汤池水深，俱煎以药草，乃久浸而熏蒸之，汗出如雨，此治风妙法，忽幸而值之，如疾有瘳机矣^④。

从地下热水中提取硫磺、芒硝等矿物资源，在腾冲当地已有数百年历史。徐霞客记下了在硫磺塘看到的采硝、采磺技术：

①③ 《徐霞客游记·滇游日记八》。

② 《徐霞客游记·滇游日记十》。

④ 《徐霞客游记·滇游日记十三》。

凿池引水,上覆一小茅,中置桶养硝。想有磺之地,即有硝也。……有人将沙圆堆如覆釜,亦引小水四周之;虽有小气而沙不热,以伞柄戮入,深一二尺,其中沙有磺色,而亦无热气从戮孔出,此皆人之酿磺者^①。

这些采磺、采硝的土办法,至今仍为当地农民所沿用。

四 对植物地理的考察和研究

长期广泛的游行考察,使徐霞客积累了相当丰富的植物知识,仅在《游记》中记载的植物就有 150 多种。他对植物生长和地理环境之间的关系做了很多的观察,取得不少规律性的认识。

大家知道,在山陵地区,海拔高度的增加会使气温相应降低、风速加大,植物的生长状况也会随之有所变化。徐霞客在 1632 年 4 月攀登浙江天台山之后写道:

循路登绝顶,荒草靡靡,山高风冽,草上结霜高寸许,而四山回映,琪花玉树,玲珑弥望。岭角山花盛开,顶上反不吐色,盖为高寒所勒耳。^②

后来,他在游云南的棋盘山时又看到:

顶间无高松巨木,即丛草亦不甚茂,盖高寒之故也。^③

这些记载表明,他对气温及植物生长状况会随海拔高度的变化而变化,已经有了明确的认识。

① 《徐霞客游记·滇游日记十》。

② 《徐霞客游记·游天台山日记(前)》。

③ 《徐霞客游记·滇游日记四》。

徐霞客还注意到地理纬度对植物花期和分布的影响。据《滇游日记六》记载,己卯正月初三日(1639年2月5日),他在云南鸡足山见到山上“杏花初放”,“桃亦缤纷”;但在当月下旬,他北行到达丽江地区时,发现那里“杏花始残,桃犹初放”,从而认识到“盖愈北而寒也”。也就是说,他认识到在同一时期,地理纬度高的地方比地理纬度低的地方气温低,因而桃、杏的开花日期也要晚一些。关于纬度对植物分布的影响,他在广西考察龙眼的生长地区时就认识到了。据《粤西游日记四》记载,他在南丹发现,“龙眼树至此无”,而距南丹东南方约90公里的德胜则“甚多”。

五 对人文地理的考察

徐霞客每到一地,除观看当地的自然景色外,还很注意人和环境之间的关系,了解人们利用和改造环境的活动,记录了大量人文地理方面的资料。

1. 对矿物资源及采矿业的考察

在手工业方面,《游记》中有关于造纸、采矿、榨油、煎盐、纺织等生产情况的记载,其中对矿物和采矿业的记载最多。记载的矿物有金、银、铜、锡、铅、煤、硫磺等10多种;有些产地把采矿和冶炼结合起来,已形成较大规模。

《游记》对山西恒山地区的煤炭资源的记载是:“东至恒岳之阳……山皆煤炭,不深凿即可得”^①;对广西河池银锡矿的记载是:“其地厂有三……皆产银、锡。……银、锡俱掘井取沙,如米粒,水淘火炼而后得之。银沙三十斤可得银二钱,锡沙所得则易”^②;对云南永昌(今保山地区)玛脑山玛脑矿产的记述是:

① 《徐霞客游记·游恒山日记》。

② 《徐霞客游记·粤西游日记四》。

从庐西下坡峡中……凿岸进石，则玛瑙嵌其中焉。其色有白有红，皆不甚大，仅如拳，此其蔓也。随之深入，间得结瓜之处，大如升，圆如球，中悬为宕，而不粘于石。宕中有水养之，其精莹坚致，异于常蔓，此玛瑙之上品，不可猝遇；其常积而市于人者，皆凿蔓所得也。^①

对于云南安宁州井盐的生产情况，《游记》记述道：

有巨井在门左，其上累木横架为梁，栏上置轱辘以汲，乃盐井也。其水咸苦而浑浊殊甚。有监者，一日两汲而煎焉。安宁一州，每日夜煎盐千五百斤。城内盐井四，城外盐井二十四；每井大者煎六十斤，小者煎四十斤，皆以桶担汲而煎于家。^②

2. 对农业水利的考察

在农业方面，徐霞客对农作物的种类，生长分布，地区差异，以及农田水利，耕作制度等，都很注意考察。

他发现，同是山区土地，因土质不同，所种农作物有较大区别。如，浙江天台山一带“山顶随处种麦”^③；贵州麦冲堡“被垄盈坞，小麦青青荞麦熟”^④；云南水槽“岗头无田，其上皆耕崖锄陇，只堪种粟”^⑤；永昌大寨“俗皆勤苦垦山，……所垦皆硗瘠之地，仅种燕麦、荞麦而已”。^⑥

在云南丽江旅行时，他记述了当地的一种休耕、轮作制度：

①⑥ 《徐霞客游记·滇游日记十一》。

② 《徐霞客游记·滇游日记四》。

③ 《徐霞客游记·游天台山日记》。

④ 《徐霞客游记·黔游日记一》。

⑤ 《徐霞客游记·滇游日记三》。

其地田亩，三年种禾一番。本年种禾，次年即种豆菜之类，第三年则停而不种。又次年，乃复种禾。^①

在云南永昌，他记述了当地引槽灌田、架空渡水的水利工程：

循冈盘垅，甃石引槽，分九隆池之水，南环坡畔，以润东坞之畦。……是堤隆庆二年（1568年）筑，置孔四十一以通水，编号以次而及，名为“号塘”。……遇有峡东出处，则甃石架空渡水，人与水俱行桥上，而桥下之峡反涸也。^②

3. 对商业贸易的考察

在旅途中，徐霞客对各地商贸活动，如城乡的集市、商人的贩运和物价的贵贱等情况都很关注。

崇祯十二年（1639年）三月十五日，他在到达云南大理后写道：

是日为街子（集市）之始，盖榆城（大理别称）有“观音街子”之聚，设于城西演武场中，其来甚久；自此日始，抵十九日而散，十三省物无不至，滇中诸彝物亦无不至，闻数年来道路多阻，亦减大半矣。^③

第二天，他在考察了街市的盛况后写道：

入演武场，俱结棚为市，环错纷纭。其北为马场，千骑交

① 《徐霞客游记·滇游日记七》。

② 《徐霞客游记·滇游日记十》。

③ 《徐霞客游记·滇游日记八》。

集。……观场中诸物，多药、毡布及铜器木具而已。^①

在《游记》中，徐霞客对云南边境地区少数民族以物易物及与缅甸进行贸易的情况也有记载。如，永昌的“茶山彝”（今傈僳族）“时以茶、蜡、黑鱼、飞松四种，入关易盐布”^②；在浪穹县（今洱源县）铁甲场，“其村氓惯走缅甸，皆多彝货”^③，等等。

另外，徐霞客对湖南商人将鱼运往广西，云南和广西的商人将锡、铜运往外省的情况也都有所记载。

4. 对藤桥、铁索桥的考察

在交通运输方面，徐霞客除了对水上的舟船航运、陆上的骡马驼运以及航道和道路有不少记述，还特别记述了云、贵山区人民为克服高山峡谷的阻隔所建造的藤桥和铁索桥。

关于云南龙川的藤桥，《滇游日记九》记述道：

龙川东江之源，滔滔南逝，系藤为桥于上以渡。桥阔十四五丈，以藤三四支高络于两崖，从树杪中悬而反下，编竹于藤上，略可置足，两旁亦横竹为栏以夹之。盖凡桥拱而中高，此桥反挂而中垂，一举足辄摇荡不已，必手揣旁枝，然后可移，只可渡人，不可渡马也。

关于贵州盘江铁索桥，《黔游日记二》记述道：

桥以铁索，东西属两崖上为经，以木板横铺之为纬。东西两崖，相距不十五丈，而高且三十丈，水奔腾于下，其深又不可测。初以舟渡，多漂溺之患；垒石为桥，亦多不能成。崇祯四年

①③ 《徐霞客游记·滇游日记八》。

② 《徐霞客游记·滇游日记九》。

(1631年)……以大铁链维两岸,链数十条,铺板两重,其厚仅八寸,阔八尺余;望之飘渺,然践之则屹然不动,日过牛马千百群,皆负重而趋者。桥两旁,又高维铁链为栏,复以细链经纬为纹。两岸之端,各有石狮二座,高三四尺,栏链俱自狮口出。

这些独具特色的藤桥、铁索桥,至今仍在这些地区的交通运输上发挥着重要作用。

5. 对各地地名的考察与研究

徐霞客在旅行中,对各地地名的由来多有考证。如,在广西北流县,他对鬼门关的名称考证道:

鬼门关,在北流西十里,颠崖邃谷,两峰相对,路经其中。谚所谓“鬼门关,十人去,九不还”,言多瘴也。《舆地纪胜》以为桂门关之讹,宣德中改为天门关。^①

对横州以东的乌蛮滩,他论证道:

乌蛮滩,在横州东六十里,上有乌蛮山、马伏波庙。《志》谓:“昔有乌蛮人居此,故名。”余按:乌浒蛮在贵县北,与此不相及。^②

又如,他曾听说,左江、右江的交会处有一合江镇,但经实地考察,才知当地只有“村曰宋村”^③,并无合江镇之名。还有太平州(今崇左县)东北的恩城,《一统志》记为恩城,而当地则称作恩

①② 《徐霞客游记·粤西游日记二》。

③ 《徐霞客游记·粤西游日记三》。

城^①，可知《一统志》所载有误。

贵州西部地区有一些用“安”字命名的地名，是因为自明初以后，这一带曾置永西安慰司，为安氏世袭。徐霞客在贵州安顺府安笼铺考察时记曰：

此地往昔为安氏西南尽境，故今犹有安庄、安笼、安顺、安南诸名。盖安氏之地，昔以盘江为西堦，而今以三汉为界。^②

对于地名中的“笼”、“隆”二字的使用区别，徐霞客考证道：

黄草坝东一百五十里为安笼所……南与粤西之安隆、泗城接壤。然在黔曰笼，在粤曰隆，一音而各异字，一处而各异名，何也？……大抵黔中多有“笼”字，粤中多用“隆”字，如隆安县之类。^③

在云南旅行时，他对曲靖的名称考证道：“本唐之曲州、靖州也，合其地置府，而名亦因之。”^④对嵩明考证道：“嵩明旧名嵩盟。《一统志》言州治南有盟蛮台故址，昔汉人与乌、白蛮会盟之处，而今改为嵩明焉。”^⑤对晋宁由来的考证是：“晋时晋宁之地曰宁州，南蛮校尉李毅持节镇此。……至唐武德中，以其为晋时宁州统会之地，置晋宁县。此州名之所由始也。”^⑥关于罗平名称的考证为：“罗平……旧名罗雄。……万历十三年，土酋者继荣作乱，……夹攻平之，改为罗平。”^⑦

① 《徐霞客游记·粤西游日记三》。

② 《徐霞客游记·黔游日记一》。

③ 《徐霞客游记·滇游日记二》。

④⑤ 《徐霞客游记·滇游日记三》。

⑥ 《徐霞客游记·滇游日记四》。

⑦ 《徐霞客游记·滇游日记二》。

《游记》所记录的人文地理方面的资料,还包括对大如杭州、桂林、昆明等城市,小至广大农村的村镇等城乡聚落的地理位置、规模大小和形态特征的考察;对广西、云南和贵州三省 10 多个少数民族的生产情况,衣食住行,民族语言,特别是衣服装饰,发型,各种节日等风俗习惯的考察;对各地的文化古迹,政治沿革,历史事件的考察,等等。这些都是《游记》中重要而不可忽略的组成部分。

徐霞客在中国地理学史上写下了光辉的一页,他和他的《游记》已被世人普遍誉为“千古奇人,千古奇书”。

第四节 集技术之大成的《天工开物》

17 世纪上半叶,我国出现了一部集古代农业和手工业生产技术之大成的科学巨著——《天工开物》。它的作者,就是明末江西奉新籍的杰出科学家宋应星(1587 ~ 约 1666 年)。

明代以前,我国的科学技术在不少领域都处于世界先进水平。特别是在与人们的饮食和衣住有关的农业和手工业方面,积累了丰富的生产经验,技术革新和发明创造不断涌现。然而,在宋应星以前,有关农业生产技术和手工业生产技术的著作基本上都是分别独立编写,互不相涉的。例如,在农业方面,有反映先秦技术水平的《吕氏春秋》的《上农》、《任地》、《辩土》、《审时》四篇,有汉代的《汜胜之书》,南北朝的贾思勰《齐民要术》,宋代的陈旉《农书》,元代的《农桑辑要》和王桢《农书》,明代的《便民图纂》和袁黄《宝坻劝农书》等等;有关手工业方面的著作,主要有战国时的《考工记》,宋代的李诫《营造法式》、曾公亮《武经总要》、苏颂《新仪象法要》,明代的茅元仪《武备志》、王徵《新制储器图说》等。虽然战国时成书的《管子》曾把农业和手工业相提并论,并且在《地员》、《海王》等篇中记载了不少有关农业

和手工业的生产技术知识,但《管子》一书基本上属于政论性著作,而不是技术专著。

只有宋应星的《天工开物》,才是我国历史上第一部从科学技术角度把农业和手工业放在一起研究的专门著作。在这部著作中,宋应星对我国明朝以前几千年以来在农业和手工业生产方面所积累起来的技术经验作了较全面的概括,使之构成了一个较完整的科学技术体系。这是一项前所未有的创举。

《天工开物》有上、中、下3卷,共18章,它们分别是《乃粒》、《乃服》、《彰施》、《粹精》、《作咸》、《甘嗜》、《陶埴》、《冶铸》、《舟车》、《锤锻》、《燔石》、《膏液》、《杀青》、《五金》、《佳兵》、《丹青》、《曲蘖》和《珠玉》。各章的先后次序,据宋应星的自序说,是根据“贵五谷而贱金玉”的原则安排的。所以,他把与人们衣食有关的各章置于上卷,接着安排的是陶瓷、冶炼、车船、造纸、兵器等方面的生产技术,最后一章则为珠玉的生产技术。这种安排体现了作者重农、重工、重国计民生的务实思想。

《天工开物》所记述的在当时世界上处于先进水平的生产技术,可大致概括为以下几个方面:

一 农业技术

第一章《乃粒》记述了稻、麦、高粱、粟(小米),胡麻(芝麻)、菽(豆类)等作物的种植技术,其中有不少是过去农书中未曾提到过的新技术。如,关于水稻的浸种、育秧、分栽技术,本章“稻”篇写道:“秧生三十日即拔起分栽”,否则“老而长节,即栽于亩中,生谷数粒”,会导致减产。关于秧田与本田的比例关系,该篇写道:“凡秧田一亩所生秧,供移栽二十五亩。”这些水稻栽培方法,是农民长期生产经验的总结。直到近代,江西农民仍在采用这些方法种植水稻。对于不利于水稻生长的土壤的改良问题,“稻宜”篇写道:“土性带冷浆者,宜骨灰蘸秧根,石灰掩苗足。”所

谓带冷浆的土,即排水不良、土温较低的酸性冷浸土;把石灰撒在秧苗根部,可中和土壤的酸性,提高土温,促成团粒结构的形成。当然,这种措施并不适用于酸性不高的向阳暖土,所以该篇接着说:“向阳暖土不宜也。”所谓“骨灰蘸秧根”,实际上是在施用磷肥,这也是古代施用磷肥的最早记载。

在中国古代种植稻麦的技术中,在插秧或下种时拌以肥料、杀虫剂或改良土质的矿物质,是一种先进的举措。关于拌种用的杀虫剂,《乃粒》章“麦工”篇写道:“陕、洛之间,忧虫蚀者,或以砒霜拌种子。”《燔石》章“砒石”篇写道:“晋地菽麦必用拌种,且驱田中黄鼠害;宁(宁波)、绍(绍兴)郡稻田必用蘸秧根,则丰收也。”砒霜,又名砒石、信石,是含砷剧毒化合物,其主要成分是三氧化二砷(As_2O_3)。长期以来,人们一般将它用于炼制白铜、配制火药、治疗疟疾和顽癣、毒杀家鼠等。而使用砒石拌种拌秧,以预防庄稼的虫害鼠害,则首见于《天工开物》的记载。砒石的这一新用途,是我国农业技术上的又一发明。

《天工开物》广泛记载了各地农作物的品种和特性,尤其注意到土壤、气候和栽培方法对作物品种的影响。例如,在北方,大麦的品种会“随土而变”^①,黍粒的大小则会受土质肥瘦和季节的影响;在南方,有些水稻在长期干旱的条件下会变得较为耐旱,人们可以从中选育出能在山地种植的旱稻品种。由此,宋应星得出结论:“种性随水土而分”^②,即认为各种作物的品质都会随种植条件的变化而变化;又说:“五谷不能自生,而生人生之”^③,即认为人们可以不断选育适合自己需要的作物品种。这些认识都是符合生物科学的。

我国古代的养蚕业有着悠久的历史和丰富的经验。《天工

① 《天工开物·乃粒·麦》。

②③ 《天工开物·乃粒·宋子曰》。

开物》的《乃服》章有很大一部分篇幅是讲述养蚕技术的。其中讲到,将黄茧蚕同白茧蚕杂交,可培育出褐茧蚕;又讲到,将“早雄”(一化性雄蛾)同“晚雌”(二化性雌蛾)配种杂交,可培养出“嘉种”的经验。这种通过人工杂交培育新蚕种的方法,是我国古代在生物学上取得的一项重要成就。

我国是世界上最早懂得利用微生物发酵来加工食品的国家之一,早在三千多年前的商代就已经知道用曲种酿酒和制酱了。《天工开物》在《曲蘖》章中对酒母、神曲和丹曲(红曲)各自的原料种类、数量配比和制作方法等,都作了详细记载。其中特别介绍了具有独特功效的丹曲,指出它在食物保存中具有奇效。该章“丹曲”篇说:

凡丹曲一种,法出近代。其义莫腐神奇,其法气精变化,世间鱼肉最朽腐物,而此物薄施涂抹,能固其质于炎暑之中,经历旬日,蛆蝇不敢近,色味不离初,盖奇药也。

丹曲在我国发现较晚,宋元以来主要用它治疗痢疾、头疮等疾病,到宋应星时又将其用于保存食物。关于丹曲的制作,宋应星强调要选用优质红酒糟作“曲信”(菌种),还需加入明矾水来保持丹曲菌种培养料的微酸性,以抑制其他有害杂菌的生长。这些都是我国古代酿造业多年积累下来的经验总结,至今仍具有实用价值。

二 钢铁冶炼和铸造技术

早在公元前7~6世纪的春秋中期,我国就发明了生铁冶铸技术;战国秦汉以来,炼钢术也达到了较高的水平。《天工开物》所记载的钢铁冶炼技术,又有许多比前代进步的新东西。如《五金》章“铁”篇记曰:

凡铁分生、熟，出炉未炒则生，既炒则熟。生熟相和，炼成则钢。……凡造生铁为冶铸用者，就此流成长条、圆块，范内取用。若造熟铁，则生铁流出时，相连数尺内，低下数寸筑一方塘，短墙抵之。其铁流入塘内，数人执持柳木棍排立墙上，先以污潮泥晒干，春筛细罗如面；一人疾手撒掩，众人柳棍疾搅，即时炒成熟铁。

文中提到的“污潮泥”，可能是含有硅酸铁和氧化铁的泥土，用它能使铁中的碳氧化成二氧化碳。由于碳的含量减少，生铁就变成了熟铁。另外，硅能与氧化铁化合成一种渣，它能促使熟铁凝成较大的块。用“柳条疾搅”的目的在于扩大生铁与空气的接触面，使生铁中所含碳、硅、磷等杂质氧化掉一部分，加速生铁的转化。这种将冶铁炉与炒铁设备串联使用、连续作业的方法，可减少炒铁时的再熔化过程，起到缩短炒铁时间和降低生产成本的作用。这比当时欧洲的间歇式的炼铁技术显然要先进。

关于炼钢方法，“铁”篇讲到：先把打成薄片的熟铁捆在一起入炉，上放生铁，再以涂泥的草鞋盖顶，炉温升高后，生铁水能自上而下地均匀渗入熟铁中；取出锻打后，再炼再锻，即可炼成好钢。这种方法比南北朝时的“灌钢”技术更先进，能使熟铁被均匀地渗碳和更充分地脱去杂质。与宋代技术相比，它也有独到之处：不用泥封，而用涂泥草鞋盖上，使生铁在还原状态下逐渐熔化，使大部分火焰反射到炉内，以提高炉温。由于不是把生铁块嵌在熟铁条中，而是放在紧捆的熟铁片上，用生铁含碳高、熔点低的特点，使生铁水均匀地渗灌在熟铁片的夹缝中，增加生熟铁的接触面，便于均匀地渗碳，提高钢的性质。这确是我国灌钢法的一大改进。另外，书中还介绍了炼铁炉所使用的可以连续鼓风的活塞式木风箱，这是我国发明的当时世界上最先进的鼓

风器。

在铸造方面,《冶铸》章“钟”篇和“釜”篇介绍了铸造大铁锅和万斤以上铁炉、香炉的方法:先调和石灰、泥土和细砂,以制造内模;再用牛油、黄蜡均匀地涂抹在内模上,然后在油蜡上雕刻文字或图案;再用极细的泥粉和炭末调成稠糊,逐层涂铺在油蜡上面作为外模。然后用慢火烘烤,使里面的油蜡熔化流出,形成空腔;再在模型的四周修砌几个熔炉和泥槽,等钢或铁熔化时,一齐打开各熔炉的出口,让钢液或铁水汇流入模内。这种用小炉群汇流和连续浇注作业来铸造大型金属器件的技术,以及熔模失蜡铸造工艺,不仅在当时是先进的,其基本方法在近现代还在使用。

关于金属的热处理和加工工艺,《天工开物》讲到了从“重千钧”的大铁锚到“轻一羽”的绣花针等不同制品的生产技术。“生铁淋口”是一项生产有坚利刃口农具的先进的金属加工工艺。宋应星在《锤锻》章“锄镑”篇中介绍说:

凡治地生物,用锄、镑之属。熟铁锻成,熔化生铁淋口,入水淬健,即成刚劲。每锹、锄重一斤者,淋生铁三钱为率。少则不坚,多则过刚而折。

即是在用熟铁制作的农具坯件刃部淋上一层薄的生铁水,再经热处理加工成农具。所用生铁水的分量必须恰到好处。由于表面生铁熔复层和渗碳层的共同作用,可使农具既坚韧又耐磨。这是我国在世界金工史上的一项独特制造。宋应星介绍的制作衣针的技术是,先用熟铁做成拉丝模型,进行冷拉成丝,剪成针坯,然后入锅炒熬;炒后,用泥粉掺入豆豉(作促进剂)、松木和火

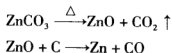
矢(作渗碳剂)三物盖在针坯上面,再加热,最后经淬火成针^①。这也是当时发明的新技术。几百年来,上述这些金属加工工艺已经推广到全国各地,并且沿用到近现代。

三 有色金属冶炼技术

我国是世界上最早制成含锌合金并提炼出金属锌的国家。锌在古代曾被称为水锡、白锡或倭铅。宋元时已能炼出纯的锌,明清以后还向外国出口。但是关于锌的提炼技术,则是以《天工开物》的记载为最早和最详细。该书《五金》章“倭铅”篇写道:

其质用炉甘石熬炼而成,繁产山西太行一带,而荆、衡为次之。每炉甘石十斤,装载入一泥罐内,封裹泥固,以渐研干,勿使见火拆裂。然后逐层用煤炭饼垫盛,其底铺薪,发火煨红,罐中炉甘石熔化成团。冷定,毁罐取出,每十耗去其二,即倭铅也。此物无铜收伏,入火即成烟飞去。以其似铅而性猛,故名之曰“倭”云。

文中所说制锌原料“炉甘石”,其主要成分是碳酸锌。在高温灼烧下,碳酸锌首先发生分解,生成固体氧化锌和气体二氧化碳,氧化锌与碳作用发生还原反应,则可生成金属锌。其化学反应式分别为:



锌的冶炼是比较困难的。因为,使氧化锌还原为锌的温度必须达到 1000℃ 以上,高于锌的沸点(907℃);而还原成气体状态的锌同空气、或者还原反应中产生的二氧化碳接触后,又会重新变

^① 见《天工开物·锤锻·针》。

成氧化锌。如果冶炼技术和设备不合要求,要大量生产锌是不可能的。在欧洲,直到18世纪中国的炼锌技术传去以后,才开始了炼锌的历史。

《天工开物》还记述了利用各种金属的物理性质以及化学活泼性的不同,来分离或检验金属的一些有效方法。例如,其《五金》章“黄金”篇指出:

凡足色金参和伪售者,唯银可入,余物无望焉。欲去银存金,则将其金打成薄片剪碎,每块以土泥裹涂,入坩埚中硼砂熔化,其银即吸入土内,让金流出,以成足色。然后入铅少许,另入坩埚内,勾出土内银,亦毫厘具在也。

因硼砂($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)熔点较低,在此可以起到助熔作用。当金银合金熔化后,由于金(熔点 1063°C)、银(熔点 961°C)熔点不同,银会首先被“吸入土内,让金流出,以成足色”;再入铅少许,又可把银从土中勾出。这正是近代冶金学中所说的熔融提取法。

四 采矿技术

我国是世界上使用煤最早的国家,近年在汉代冶铁遗址中就发现了煤块^①。到了明代,我国的采煤技术已经达到较高的水平。但关于采煤技术的专门记载,却一直很少见到。《天工开物》的《燔石》章“煤炭”篇则提供了这方面的宝贵资料。该篇首先对煤进行了分类:按块度大小可分为明煤、碎煤和末煤;按燃烧时火焰的高低和用途,将焰高、常用于炊事的称为饭炭,将焰低、常用于冶炼的称为铁炭,等等。这在当时是一种较先进的分

^① 郑州市博物馆:《郑州古荥镇汉代冶铁遗址发掘简报》,载《文物》1978年第2期。

类法。在谈到挖煤生产时,该篇指出:

初见煤端时,毒气灼人。有将巨竹凿去中节,尖锐其末,插入炭中,其毒烟从竹中透上,人以其下施钁拾取者。或一井而下,炭纵横广有,则随其左右阔取;其上支板,以防压崩耳。

文中提到的“毒气”,现代采煤业俗称“瓦斯”,是煤炭在生成过程中伴生的多种气体混合物,主要成份有甲烷(CH_4)、一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO_2)和硫化氢(H_2S)等。它无色,易燃,对人体有毒害作用。因此,排除瓦斯是采煤生产的一项首要安全措施,否则很容易引起爆炸及中毒事故。书中介绍用中空的巨竹管插入矿井下,将瓦斯顺竹管引出地面,这的确是个简便、有效而经济的办法。在欧洲,直到18世纪时还没有妥善解决瓦斯的通风问题。井下采掘的另一项重要安全措施是巷道支护。如果这个问题解决不好,出现“压崩”事故,不仅不能正常地采煤,还会造成工人伤亡和矿井报废。从书中所述的“支板”措施,可知明代的采煤技术也已基本上解决了这一井下安全采掘的大问题。

五 机械制造技术

明代末年的农业和手工业已在广泛地使用各种机械。有些机械结构复杂,包括了动力装置、传动装置和工作装置三部分。例如,《乃粒》章所介绍的以水流为动力的水车(图5—2),就是由水动轮、传动齿轮和龙骨水车三部分组成的农用机械。

《作咸》章所记载的盐井打井机械(图5—3),上面装有一种铁锥,能对石质地层不断地冲凿打孔,每凿进数尺,即用竹竿接长,继续凿进。这种工具可说是近代井钻的雏形。

另外,《作咸》章“井盐”篇还介绍了一种吸卤器:

井及泉后，择美竹长丈者，凿净其中节，留底不去。其喉下安消息，吸水入筒，用长绳系竹沉下，其中水满。井上悬桔槔、轱辘诸具，制盘驾牛，牛拽盘转，轱辘绞绳，汲水而上。

这里所说的安有“消息”的竹筒，实际上就是唧筒装置。“消息”相当于阀门，当竹筒下沉井中时，下端的阀门受卤水压力而打开，卤水进入筒中。提筒时，阀门又受筒内卤水重力下压而封闭。在现今的四川自流井土法制盐生产中，仍可见到使用这种吸卤器去提取地下卤水。



图 5—2 《天工开物》水车图

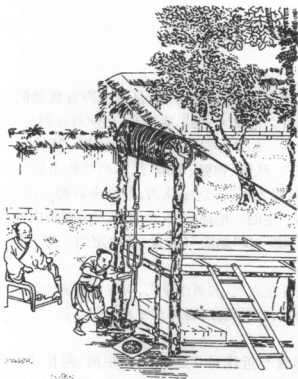


图 5—3 《天工开物》凿井图

六 《论气》中的物理学思想

除了《天工开物》以外，宋应星还著有《论气》一书，对自然科学的一些基础理论问题进行了探讨。

1. 对声音本质及其传播的认识

在该书《气声》篇中，宋应星集中讨论了物理学中的声学问题。在他之前，先秦学者庄子、东汉学者王充、唐末学者谭峭等，都曾用力气的运动解释过发声现象。和前人一样，宋应星也是在气的学说基础上讨论声音的发生和传播的。他说：

气本浑沦之物，分寸之间，亦具生声之理，然而不能自为生。

即认为，气在空间中的弥漫分布，是造成声音现象的必要条件，但不是充分条件。他认为，要形成声音，必须对弥漫分布的气施以剧烈的作用才行。如，风声是“两气相轧而成”；笙簧发声是“人气轧气而成”；飞矢、跃鞭、弹弦、裂缙、鼓掌和持物击物等发声现象，则是“以形破气而为声”。这是认为，各种声音都是由物体急速运动冲击空气而产生的。他还认为，声音的大小则是由轧气、破气运动的“缓急”（速度）和“劲懦”（力量）所决定的。理由是：

盖浑沦之气，其偶逢逼轧，而旋复静满之位，曾不移刻。故急冲急破，归措无方，而其声方起。

他的解释尽管与近代科学还有一定距离，但他毕竟是从空气内部运动的角度出发进行分析，与前人相比，他对声音本性的探讨进一步物理化了^①。

关于声音的传播，宋应星在《气声》篇中说：

物之冲气也，如其激水然。气与水，同一易动之物。以石投水，水面迎石之位，一拳而止，而其文浪以次而开，至纵横寻丈而犹未歇。其荡气也犹是焉，特微渺而不得闻耳。

这是用石击水所形成的水波扩散来比喻声音的传播，表明他已

^① 参见关增建等：《中国古代科学技术史纲·理化卷》，沈阳，辽宁教育出版社，1996年，212～219页。

经有声是以波的形式在空气中传播的思想认识。虽然他的比喻不够确切,因为声波是纵波,而水波则是由水的表面张力和重力联合作用而产生的横波,但在当时历史条件下,他的比喻不失为一种有一定合理性的较先进的解释。

2. 对万物本原的认识

在《论气》一书的《形气》篇中,宋应星着重探讨了万物本原问题。认为“气”这种物质是构成世界万物的本原,这一观点虽然在宋应星之前早已被东汉的王充、宋代的张载(1020~1077年)等许多哲学家提出过,但宋应星联系生产和科技的实践,比前人有了更进一步的认识。例如,他根据水等液体会发生气化,以及植物、煤炭等固体燃烧后烟消灭等现象,指出“盈天地皆气也”,认为世界上具有不同形态(如液体、固体等)的万物都是由“气”这种基本物质构成,有形万物最终都会还原成“气”。另外,他看到制陶、冶炼、印染等许多生产过程中的物体形态变化,都通过了水或火的作用,因而认为“水”、“火”是介于形与气之间的中间层次,元气生成万物的演化过程是:元气先形成水、火二气,再由水、火形成土,水、火又通过土形成金、木,然后再逐步演变成世界万物。他的这一万物生成理论,比王充、张载的元气论更为深化,更加具体。

在《形气》篇讨论草木、土石、五金的“生化之理”时,宋应星还流露出物质不灭的思想。他认为,万物在“由气而化形,形复返于气”的生成和化解的变化中,“气”这个基本物质只是处于不同的形态中,在变化前后“未尝增”也“未尝减”。例如,种子入地,由气而生,长大成木,砍伐成材,制成器具,遇火成灰,或叶落化为泥,最后又转化为气。又如,五金的生化是:

土为母,金为子,子身分量由亏母而生。……凡铁之化土也,初入生熟炉时,铁华跌落已丧三分之一。自是锤锻有损焉,

冶铸有损焉，磨砺有损焉，攻木与石有损焉，闲住不用而锈更损焉，所损者皆化为土。

这就是说，铁矿石开采出来后，经过冶炼、锤锻、加工、使用、腐蚀等各个过程，都会有损耗，这些损耗其实都变成了土，“非其还返于虚无也”。这一物质不灭思想的闪光，后来被明末清初的唯物主义哲学家王夫之（1619～1692年）所继承，并给予了更加充分的发挥。

第五节 方以智《物理小识》的科学思想

方以智（1611～1671年）是明末清初一位杰出的科学家，安庆府桐城县凤仪里（今安徽枞阳）人。

方以智生活的时代，中国的科学技术正处于选择发展方向的十字路口。在这个时期，绵延了两千年的中国封建社会正步入它的晚期，落后的社会制度严重阻碍着小农经济向商品经济的转化，如果没有重大的社会变革，包括科学技术在内的社会生产力只能沿着原有的轨道缓慢地前行。而此时的西方社会则由于资本主义经济的不断壮大，科学技术也有了迅速发展。为了扩展海外市场，敲开闭关自守的封建中国的大门，西方传教士在来华传教的同时，也带来了西方的科技知识。面对东来的西学，中国当时的知识分子表现出了三种不同的态度：一是不分精华和糟粕，一概否定，一概拒绝；二是盲目相信，不加以分析地全盘接受；三是取其精华，去其糟粕，批判地吸收能促进中国科技发展的先进知识。方以智就是一位持第三种态度的开明学者。

在明、清王朝的更替之际，方以智因参加反清复明斗争而在政治上郁郁不得志，但他在学术上却取得了卓越的成绩。他的研究工作，涉及到天文、地理、物理、医药、生物、哲学、历史、文

学、音训等许多方面。《物理小识》一书则是他科学研究的代表作。全书共有12卷,除卷首“总论”外,内容分为以下16类:天类、历类、风雷雨暘类、地类、占候类、人身类、医要类、医药类、饮食类、衣服类、金石类、器用类、草木类、鸟兽类、鬼神方术类、异事类等,是一部古今中外兼收并蓄的百科全书式的著作。该书不仅注意整理、继承中国传统的科技遗产,有鉴别、有选择地吸收了不少西方正确的科技知识,而且在不少问题上提出了自己独到的见解。方以智的学生、江西广昌籍学者揭暄,在注释该书的过程中也提出了许多有价值的观点。他们二人都为中国传统科学向近代科学的转化,做出了积极的贡献。

在宇宙本原这个根本问题上,《物理小识》继承了传统的元气学说,主张世界的物质性和可知性,认为宇宙万物都是由气构成。如,其“天类·气论”条指出,“一切物皆气所为也,空皆气所实也”,并且进一步论证道:

世惟执形以为见,而气则微矣。然冬呵出口,其气如烟;人立日中,头上蒸歊,影腾在地;考钟伐鼓,窗棂之纸皆动,则气之为质,固可见也。充一切虚,贯一切实,更可疑焉?

因此,《物理小识》认为,各种自然现象都可以用气的运动来解释,并着重讨论了光和声这两种细微物质的运动现象。其“天类·四行五行说”条指出:

气凝为形,蕴发为光,窍激为声,皆气也。而未凝未发未激之气尚多,故概举气、形、光、声为四几焉。

方以智和揭暄在《物理小识》及其注解中,“征其端几”,“深究其所自来”,把我国古代对光和声认识提高到了一个新的水平上。



一 光学思想

1. 光的本质观

根据元气学说,我国早在先秦时期就已有光的本质是气的认识。《左传·昭公元年》云:“天有六气……曰阴阳、风雨、晦明也。”晦和明同为光的表现形式,差别仅在于亮度的不同。由于自然界的许多发光现象都与火有关系,所以后来有许多说法都把光直接说成是“火气”。明代浙江籍医学家张景岳(1563~1640年)在《类经·素问》中说:“盖明者,光也,火之气也。”由于“阳燧见日则燃而为火”^①,所以古人认为太阳是“火气之精”^②,日光就是火气。既然光是气,那么光源向外发光的过程,就是光之气离开光源向外传播的过程。《淮南子·天文训》云:“明者,吐气者也。”

在对光的本质的认识上,《物理小识》提出了一个与传统认识不同的观点,即认为弥漫分布的气中都蕴含着光,光不是由光源发出的特殊的气,光源的作用只是将周围气中所含的光激发出来。如,其“天类·光论”云:

光理贯明暗,犹阳之统阴阳也。火无体,而因物见光以为体。

揭暄注释道:

气本有光,借日、火而发,以气为体,非以日、火为体也。故日、火所不及处,虚窗、空中皆有之,则余映也。

^{①②} 《淮南子·天文训》。

2. 光的波动说

关于气是如何表现为光的,“光论”接着论述道:

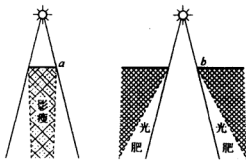
气凝为形,发为光、声,犹有未凝形之空气与之摩荡嘘吸。
故形之用,止于其分;而光、声之用,常溢于其余。气无空隙,互相转应也。

文中的“形”,指的是有一定形体的物质;“分”,指的是“形”所占据的空间。方以智这是认为,光和声的发出,都是空气被激发的结果。由气凝聚而成的有形之物,只占据相当于其体积的固定空间;而无形的光和声,则是由其激发的源头向四外传播。由于气弥漫于一切空间,毫无间隙,这样,只要一处的气被激而发光,则发光的气就会与周围的气“摩荡嘘吸”,并通过“互相转应”,使周围的气都发出光来。既然是“摩荡嘘吸”,则光的发出就不是直射式的单向流动,而是一种来回式的运动;既然是“互相转应”,则光的传播就是在空气中一层一层地从中心向四周散开。这是一幅形象的波动图。所以,有人将方以智的这种认识称之为“气光波动说”^①。

在《物理小识》之前,人们对声的波动性已有较明确的认识。这是因为,发声体(如钟、鼓、琴、磬等)的振动是普遍而又明显的现象。如,唐末学者谭峭在《化书·声气》中指出:“声由气也,气动则声发,声发则气振。”但发光体却没有明显的振动现象,且光照的直射现象普遍而又明显,所以在方以智之前,从来没有人提出过光的波动性。《物理小识》将光和声相提并论,认为二者以同样的方式产生和传播,清楚地表达出光具有同声一样的波动性的认识。这是十分难能可贵的。

^① 李志超等:《〈物理小识〉的光学》,载《自然杂志》,11卷第2期,1988年。

更为难能可贵的是,《物理小识》还进一步提出了一个重要的概念——光肥影瘦,即认为光在传播的过程中,如果遇到障碍物,就会向障碍物后的阴影区弥漫,使光照范围扩大,阴影区缩小(图5—4)。也就是说,光不仅如人们常见的那样沿直线传播,而且会沿曲线传播。



a 为屏,屏影暗区小于几何投影;b 为孔,亮区则大。

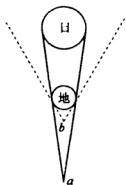
图5—4 “光肥影瘦”图解①

《物理小识》是在评论西学测算日径的方法时提出“光肥影瘦”的观点的。据其“历类·光肥影瘦之论”条记载,意大利传教士利玛窦(Matteo Ricci, 1552~1610年)认为,地球的周长是9万里,直径是2.8万余里,太阳直径大于地径 $165\frac{3}{8}$ 倍,距地心1605万余里。方以智由此算出,太阳到地球的距离仅是太阳直径的3倍多,这显然是违反常识的。“历类”举例说:“如以寸火离三寸之空,而以掌当其焰,焮何如耶?”意思是说,太阳的火焰照射到只有自己直径三倍多距离的地球上,岂不会把人烤坏了吗?经过分析,方以智认为,这是传教士在测算时未考虑“光肥影瘦”的因素,才导致所测太阳直径比实际大的结果。他说:

① 引自李志超等:《〈物理小识〉的光学》,载《自然杂志》11卷第2期,1988年。

皆因西学不一家,各以术取捷算,于理尚膜,诂可据乎?细考,则以圭角长直线夹地于中,而取日影之尽处,故日大如此耳。不知日光常肥,地影自瘦,不可以圭角直线取也。何也?物为形碍,其影易尽,声与光常溢于物之数;声不可见矣,光可见、测,而测不准也。

这段话的大意如图5—5所示,是说日光在受到地球遮挡时,会向



方氏以为地球后面的光弯入虚线处了,故日影尽处不是几何投影的a,而在b,依b求日径,遂得虚线之张角。

图5—5 “日日常肥,地影自瘦”图解^①

其几何投影处弯进去一些,从而使地的投影变小。他还特别指出,光的这一性质与声音相同,声音遇到障碍物阻挡时,会绕到障碍物的后面,光也是如此。声音不能看见,光却可以看见,并能加以测量。但如果沿着光照的直线方向对发光体进行测量,是“测不准”的。

方以智所提出的“光肥影瘦”理论及其所指出的利氏的错误,后来被清代学者梅穀成(1681~1763年)等编撰的《历象考成》所采纳,并用“光分”的名称对太阳半径作了经验性的修正。

为了验证“光肥影瘦”理论,方以智还专门做了一个实验。“光肥影瘦之论”条对此记载说:

^① 引自李志超等:《〈物理小识〉的光学》,载《自然杂志》,11卷第2期,1988年。

屋漏小罅，日影如盘。尝以纸征之，刺一小孔，使日穿照一石，适如其分也；手渐移高，光渐大于石矣。刺四五穴，就地照之，四五各为光影也；手渐移高，光合为一，而四五穴之影，不可复得矣。光常肥而影[常]瘦也。

方以智从这一实验所观察到的现象是客观存在的。但造成“四五穴之影不可复得”的原因，从近代光学角度看，既有几何投影光斑叠加的影响，也可能与衍射有关。究竟何者为主，这要由孔径与距离之比来决定。因此，很难判断这个实验是否使他观察到了衍射现象。不过，方以智在提出“光肥影瘦”的理论之后，力图用实验加验证的做法，对于任何科学理论的建立来说都是十分必要的。

3. “海市蜃楼”观

海市蜃楼是一种奇特的大气光学现象，又称蜃景。它是光线经过不同密度的空气层，发生显著的折射或全反射时，把远处的景物映显在海面或地面上的空中，所形成的光怪陆离的景象。

对于海市蜃楼，我国古代最初把它解释成海中一种名叫“蜃”的蚌蛤所吐的气。如，西晋张华（232～300年）《博物志》云：“海中有蜃，能吐气成楼台。”不过，随着观察、研究工作的深入，这种带有神话迷信色彩的解释逐渐被人们所怀疑和抛弃。北宋沈括《梦溪笔谈》在详细记载了登州（今山东省蓬莱县）的海市蜃景之后，曾经指出：“或曰蛟蜃之气所为，疑不然也。”但沈括当时还未能提出新的解释。

有关海市蜃楼成因的新解释，比较集中地出现在明清时

期^①。其一为沉物再现说。如,明代郎瑛(1487~1566年)《七修类稿》卷四十一云:

登州海市,世以为怪,不知有可格之理。……古云桑田变海,安知海市之地,原非城廓山林之所。春夏之时,地气发生,则于水下积久之物而不散者,熏蒸以呈其象也。

其二为风气凝结说。如,明代叶盛《水东日记》卷三十一云:

海市惟春三月微微吹东南风时为盛。……其色类水,惟青绿色,大率风水气旋而成。

其三为光气映射说。如,明代陆容《菽园杂记》卷九云:

登莱海市,谓之神物幻化,……大抵皆山川之气,掩映日光而成,固非蜃气,亦非神物。

以上各说虽然都还未能正确解释海市蜃楼的成因,但却摆脱了神话迷信的束缚,不同程度地从气和光的角度去寻找原因,其努力方向是值得肯定的。

最接近近代科学的解释,是揭暄提出的水气映照说。首先,《物理小识》的“地类·海市山市”条对蜃景有如下记述:

泰山之市,因雾而成,或月一见。……海市或以为蜃气,非也。张瑶星曰:登州镇城署后太平楼,其下即海也。楼前对数岛,海市

^① 王赛时:《中国古代对海市蜃楼的记载与探索》,载《中国科技史料》,1988年,第4期。

之起,必由于此。每春秋之际,天色微阴则见,顷刻变幻。鹿征亲见之。岛下先涌白气,状如奔潮,河亭水榭,应目而具。

揭暄在方以智、张瑶星这些描述的基础上,提出了水气映照说。他在注释《物理小识》此条时说:

气映而物见,雾气白涌,即水气上升也。水能照物,故其气清明上升者亦能照物。气变幻,则所照之形亦变幻。

这段话表明,揭暄认为,空气中的水气同地上的水一样,也能照出物像来,被水气照出的物像,就是海市蜃楼。他在《天经或问后集》中,对水气映照说做了更清楚的说明:

水在涯埃,倒照人物如镜;水气上升,悬照人物亦如镜。或以为山市海市蜃气,而不知为湿气遥映也。

揭暄的解释,虽然还未达到近代科学的认识水平,但与古代其他学说相比,仍是最为科学的。因为,近代科学认为,海市蜃楼是因海面上的大气在海水蒸发和冷水流经等因素的影响下,形成了下冷上暖的逆温现象,并且加剧了下密上稀的分布程度,这时,上面的小密度空气层就像一面镜子,将远处的景物反射过来,从而形成蜃景。由此可见,揭暄的认识是比较接近于近代科学的认识的。

二 声学思想

1. 声音本质观

在方以智以前,人们对声音已有不少研究。由于元气学说是我国古代对自然现象进行研究的主要理论依据,再加上长期

的观察实践,使古人真切体会到声音的产生和传播都与气的存在密不可分,所以,把声音与气联系在一起研究,是我国古代声学研究的一个共同特点。

战国文献《庄子·齐物论》记述了空气流动——风所造成的发声现象:“大块噫气,其名为风。是唯无作,作则万窍怒号。……前者唱于,而随者唱喁。泠风则小和,飘风则大和。”唐末学者谭峭则明确认为,声音的产生和传播都与气的振动有关,他在《化书·声气》中指出:“声由气也。气动则声发,声发则气振。”谭峭还认为,声音的分布具有面向四面八方的弥散性,他的《化书·大含》指出:“一窍鸣,万窍皆鸣;一谷闻,万谷皆闻。声导气……气含声,声气相导相含,虽秋蚊之翩翩,苍蝇之营营,无所不至也。”明末宋应星则认为,弥漫分布的气是形成声音的必要条件,但不是充分条件,他在《论气》一书中指出:“气本浑沦之物,分寸之间,亦具生声之理,然而不能自为生。”他认为,形成声音,必须对弥漫分布的气施加剧烈的作用。如,风声是“两气相轧而成声”;笙簧之类须“人气轧气而成声”;而飞矢、跃鞭、弹弦、裂缯、鼓掌、持物击物等发声现象,则都是“以形破气而成声”,即所有声音都是由物体在急速运动中冲击空气而产生的。

如上所述,方以智以前的学者均认为声音产生于气的运动。但这些学者并未指出,气的运动何以会发出声来。《物理小识》则回答了这个问题,其“天类·声论”条指出,“气自有声”,声音是在“阴阳之气相摩荡”之中产生的。揭暄在注释此条时说:

气本有声,故物击物、气击气、物击气、气击物,皆成声;不相击,而气自飞,亦有声。

方以智和揭暄的论述表明,他们认为,声音本来蕴藏在气之中,气是通过运动才将声音激发出来。这种认识,与他们对光的本

质的认识相类似;虽然不正确,但却很新颖。

2. 声音传播观

在方以智之前,宋应星已经认识到声音是以波的形式传播的,其《气论·气声七》指出:“以形破气而为声也。……物之冲气也,如其激水然。气与水,同一易动之物。以石投水,水面迎石之位,一拳而止;而其文浪以次而开,至纵横寻丈而犹未歇。其荡气也,亦犹是焉,特微渺而不得闻耳。”

方以智不仅同样认为声的传播具有波动性,而且进一步认为光的传播也具有波动性。所以,《物理小识》“天类·光论”条把光和声并论,说两者的产生都是空气被激发的结果,它们的传播都表现为空气之间的“摩荡嘘吸”、“互相转应”,像波一样从中心激发处向外一层一层地传播开去。

在声音传播问题上,揭暄有一突出贡献,即认识到不同声音的传播具有相互独立性。他在注释《物理小识》“气论”条时指出:

气既包虚实而为体,原不碍万物之鼓其中,而依附以为用也。凡诸有形色、有声闻,莫不赅而存之。天地之间,岂有丝毫空隙哉!……如风声、水声、人声、鸟声、诸乐作声,一时异响杂奏,历历伦类,不相蒙掩。即重垣、昏夜间,十方一耳,可使达也。

这是说,空气是弥散分布的,声音在空气中的传播当然也是弥散的,传向四面八方,到处都有。但这些弥散传播的声音,彼此之间都互不影响。在同一地点,由四面八方传来的声音虽然“异响杂奏”,但却“历历伦类,不相蒙掩”,不会使人分辨不出来。揭暄所论述的,正是声波的独立传播现象^①。至于对这一现象机制的

^① 关增建等:《中国古代科学技术史纲·理化卷》,沈阳,辽宁教育出版社,1996年,219页。

准确解释,则是近代科学发展起来以后的事情了。

另外,在研究共鸣现象和隔音技术方面,《物理小识》在前人研究的基础上也都有一些新的进展。

三 天文学思想

在天文学方面,方以智很注意学习西方传入的先进知识,追踪西方天文学的新进展。例如,我国的浑天说理论自汉代创立以后,逐渐在天文学研究中占据了主导地位。浑天说对天地形状和结构的基本看法是:天形浑圆,地形半球,天包地外,地浮水上。而传教士带来的西方天地观则认为,大地也是浑圆形的。这一与中国传统观念完全不同的地球观,逐渐被一部分中国学者所认可,方以智便是其中之一。《物理小识》明确否定了“地浮水上”的传统观点,指出海水也是地球的一部分。其“历类·圆体”条云:

地体实圆,在天之中。……相传地浮水上,天包水外,谬矣。地形如胡桃肉,凸山凹海。

“历类·远近分轮细辨”条还介绍了西方使用望远镜所新发现的天文现象——金星光面存在如同月相那样的周期变化,“有时晦,有时光满,有时为上下弦”,从而肯定了金星、水星绕日运动之说的正确性。

尤其值得重视的是,《物理小识》还提出了一个重要的新观点——恒星有自行。大家知道,无论是我国古代的盖天说和浑天说,还是传教士带来的西方水晶天说,都认为恒星是固定镶嵌在天壳上,不会有相对移动;关于岁差现象,我国和西方的古典天文学则分别认为是由冬至点和春分点的西退所引起的恒星的整体视运动。直到公元1718年,英国天文学家哈雷(E. Halley,

1656~1742年)才发现了恒星的自行现象。然而,在哈雷发现的半个多世纪之前,《物理小识》在讨论岁差问题时就已明确指出:

从前止以经星宿天而日周之,不知经星亦自行于静天。而静天不可见,故无悟者。^①

揭暄注解:

岁何尝有差?但仰视诸星,稍稍分许耳,是可谓之星差。实是经星周天,百十年移一度,而迟速不等也。

这样用恒星自行来解释岁差现象虽然不符合近代天文学知识,但其关于恒星有自行的思想,却无疑是正确的。运用西方关于日月五星运动的本轮均轮说,揭暄进一步指出:

经星跳跃不一,甚远甚微……是经星之测亦难也。天周大轮,诸星频激小轮,种种有差算,亦种种有定算。

文中所谓“频激小轮”、“跳跃不一”,意味恒星还存在着视向运动。而视向运动的概念,在欧洲则是在公元1868年才提出来^②,比揭暄晚了整整两个世纪。

四 医药、生物学思想

方以智在医药和生物的研究上也下了很大功夫。一方面,他重视学习引进西方医学知识,以弥补我国传统医学的不足。

① 《物理小识》“历类·岁差乃星度与日周差而岁实无差”条。

② 中国天文学史整理研究小组:《中国天文学史》,北京,科学出版社1981年234页。

《物理小识》介绍了关于人体骨骼、肌肉等大量西医解剖学知识，这些正是中医学的一个薄弱环节。其“人身类·身内三贵之论”条根据西方人体生理知识提出的“人之智愚系脑之清浊”，就是对中医“心之官则思”之说的一个重大突破。另一方面，方以智对我国传统医学也很精通。《物理小识》广泛援引了历代医家言论，取各家之长加以综合。在药物学方面，《物理小识》不仅发现和纠正了包括李时珍《本草纲目》在内的历代本草书中的错误和疏漏，而且收集了历代本草书所未曾采纳但确有疗效的许多药物，对我国医药学做出了积极贡献。

方以智一生著述很多，计有一百余种，《物理小识》是其中影响较大的一种。该书被《四库全书》收入，终清之世，不乏被人引用，《四库全书总目》称其“考证奥博，明代罕与伦比”。17世纪晚期，该书传入日本，为知识阶层争相阅读，有学者赞誉它是“当奈端（牛顿）之前，中国诚可以自豪的”著作^①。

第六节 王锡阐的天文学研究

王锡阐（1628～1682年）是明末清初的民间天文学家，江苏吴江人。17岁那年（1644年），王锡阐经历了清军入关、明朝灭亡的政治大变动。他从忠君爱国的思想出发，拒绝臣服清王朝，终生以明朝遗民自居。因家境贫寒，他完全靠自己在家中刻苦钻研中西天文历数。经过毕生几十年的努力，王锡阐写出了《晓庵新法》、《五星行度解》、《日月左右旋问答》、《历说》、《历策》等一系列天文历法著作，成为清代初年天文学界“会通中西”的杰

^① 引自李则刚：《安徽历史还要》下册，合肥，安徽省地方志编纂委员会，1982年，600页。

出代表。其学术成就主要表现在以下一些方面：

一 证明了日月右旋论

由于地球自西向东的自转,日、月、恒星等各种天体都表现出每天东升西落绕地一周的周日视运动。又由于地球绕日的公转,太阳在恒星背景上还表现出自西向东每天移行一度、一年移行一周天的周年视运动。由于月亮围绕地球的转动,月亮在恒星背景上则表现出每天东移13度,约27.32天(一恒星月)移行一周天的视运动。关于上述三种运动,我国很早就产生了两种不同的认识。一种为日月右旋说,它认为固定在天壳上的恒星是在随天壳自东向西地左旋,而日月则是在自西向东地右旋。这种观点最早见于《晋书·天文志》所引述的“周髀家说”,其说为:“天旁转如推磨而左行,日月右行,随天左转。故日月实东行,而天牵之以西没。”另一种为日月左旋说,它认为日月和恒星一样,只存在自东向西的左旋;至于日月在恒星背景上表现出的东移现象,则是由它们西移(左旋)速度慢于恒星西移速度所引起的。这种观点最早见于西汉刘向《五经论》所提及的“夏历”的主张,其说“以为列宿、日月皆西移,列宿疾而日次之,月最迟”^①。在宋代以前,右旋说一直占据统治地位,左旋说除了被刘向提及以外,在其他文献中很难见到。但是到了宋代,情况发生了很大变化,以朱熹(1130~1200年)、蔡沈(1167~1230年)为代表的理学家开始大事提倡左旋说。如,朱熹说:

某看天上日、月、星不曾右旋,只随天转。天行健,这个物事极是转得速。且如今日,日与月、星都在这度上,明日旋一

^① 引自《宋书·天文志一》。

转,天却过了一度,日迟些便欠了一度,月又迟些又欠了十三度。^①

由于朱熹的哲学思想对后世影响很大,左旋说也就此得到了发展和许多哲学家的承认。不过,对于有实际观测经验的天文学家来说,左旋说对许多问题是解释不通的,而右旋说却能较好地予以解释。因此,右旋说仍被大多数天文学家所坚持。

王锡阐在《日月左右旋问答》一书中,对左旋说的错误和右旋说的正确进行了较全面的论证。其理由如下:

1. 用明朝《大统历》推算月亮纬度,结果误差很大,但这不是右旋论的错,而是因为当时人们不知道黄、白二道各有南、北二极,这极又各有变化,因而对于黄赤交角的变化、月亮轨道近地点的移动等因素,都没有在推算时加以考虑。

2. 日、月运动速度的不均匀,都表现为距地远时运行慢,距地近时运行快,这快慢变化具有明显的周期性。按照右旋论,太阳的快慢运动周期为一年,月亮为一近点月。若按左旋论,日、月的运动皆为一天一周。但在一天之内,太阳和月亮的运动速度并不呈现周期变化,可见左旋说是错误的。

3. 日行黄道,而黄道与赤道斜交。如果太阳每天左旋一周,那么,它冬天应该出于东南而没于西北,夏天应该出于东北而没于西南。但实际情况是,太阳冬天出于东南而没于西南,夏天出于东北而没于西北。这说明,太阳每天只是沿黄道右行一度,左旋说是不能成立的。

4. 运用球面三角学和黄、赤二道坐标,按照太阳每天右行的黄道经度来计算其赤纬变化,所得结果十分准确,可证右旋说的正确性。

^① 朱熹:《朱子全书·天度》。

5. 在天球上从南、北两极作垂直于赤道的赤经圈,各经圈对天球的划分就如剖瓜一样,在赤道附近的间距(度分)宽,远离赤道处的间距窄。黄道经度本为平均划分,但因黄道与赤道斜交,所以在冬季和夏季黄道距赤道远时,由黄道经度求赤道经度,就需要加约 $\frac{1}{10}$ 的改正;而在春季和秋季黄道距赤道近时,由黄道经度求赤道经度,就需要加约 $-\frac{1}{10}$ 的改正。这样,即使太阳在黄道上作匀速运动,在一年之中,真太阳日也会有从长到短、从短到长的四次变化,实际情况也是如此。如果说太阳每天都在黄道上绕行一周,真太阳日的长短变化就无法解释了。

二 建立了自己的宇宙模型

在欧洲近代天文学的发展史上,波兰天文学家哥白尼(N. Copernicus, 1473 ~ 1543 年)以其伟大的日心地动说,否定了统治欧洲天文学界达一千多年的托勒玫(C. Ptolemaeus)的地心说。但由于日心说违背了天主教的宗教教义,因而遭到教会的极力扼杀。几十年后,丹麦天文学家第谷(B. Tycho, 1546 ~ 1601 年)提出了一个介于托勒玫地心体系和哥白尼日心体系的折中方案。该方案虽然承认五大行星围绕太阳运转,但同时又认为太阳统率着众行星连同整个恒星天穹一起围绕地球运转(图 5—6)。第谷体系于 1582 年提出后,在欧洲并没有产生多大影响,但它却被耶稣教会传教士带到了中国。第谷体系相对于哥白尼学说虽然是一种倒退,但因传教士对哥白尼日心说秘而不宣,从而使得第谷体系在努力学习、了解欧洲天文学的中国天文学界反而产生了较大影响。

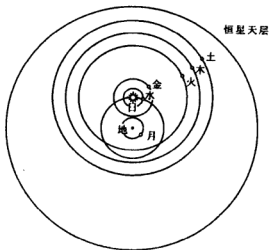


图 5—6 第谷的折中宇宙体系

为了解释行星运动所表现出的顺行、逆行、有时快、有时慢、有时留的复杂现象，王锡阐基本上借用了《崇祯历书》所介绍的第谷体系，而没有采用《崇祯历书》所同时翻译的托勒玫体系。他在《五星行度解》一书中提到：

地球居中心，其心为日、月、恒星三天之心。又以日为心，作两小圈为金星、水星两天。又一大圈稍截太阳之圈，为火星天。此外又作两大圈，为木星之天、土星之天。

不过，王锡阐在主张五星皆绕日而行、同时又为日天所掣而东行的同时，认为五星绕日运动的方向并不完全一致。其中，火、木、土三星是在自己轨道上左旋，而金、水二星是在自己轨道上右旋。这与第谷体系关于五星运动皆为右旋的认识是有区别的。另外，王锡阐还认为，太阳绕地球运行轨道在恒星天上的投影是黄道。根据这一宇宙模型，王锡阐推导出下列一组计算行

星视黄经行度的公式：

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\gamma \sin \theta}{1 \pm \gamma \cos \theta} \quad (1)$$

$$\omega = \lambda \pm \varphi \quad (2)$$

$$\omega = \varphi - \lambda \quad (3)$$

其中的 φ 为从地球上见到的行星与太阳的角距, γ 为行星轨道半径, θ 为行星在自己轨道上距冲、合点的度数, ω 为行星运动的视黄经, λ 为太阳的视黄经。这样, 在通过(1)式求出 φ 后, 即可通过(2)式和(3)式分别求出行星在上合以后、以及下合或冲以后的视行度。

除了计算行星的行度以外,《五星行度解》还对日月距地和五星距日皆有远近变化的物理机制进行了讨论。他说：

历周最高卑之原,盖因宗动天^①总挈诸曜为斡旋之主,其气与七政相摄,如磁之于针。某星至某处,则向之而升;离某处,则达之而降。

这是试图用磁引力作用来说明日月五星的圆周运动。这一说法的提出,很可能是受了德国天文学家开普勒(J. Kepler, 1571 ~ 1630 年)关于天体磁引力思想的影响,只是它把引力源由各天体改到了宗动天上。

三 讨论了“水内行星”问题

我国古代早就确认,黑子是太阳自身产生的一种现象。《汉书·五行志》记云:“河平元年(前 28 年)三月乙未,日出黄,有黑

^① 宗动天,欧洲古典天文学所认为的原动力天层,位于恒星天之外。宗动天的运动被认为是由上帝所推动,再由宗动天把运动逐次传递给恒星、行星、太阳和月亮。

气大如钱，居日中。”西汉《淮南子·精神训》则把黑子现象说成是“日中有踰乌”。东汉王充在《论衡·说日篇》中指出，被人们传说成日中乌乌的黑子是“日气”。可是，欧洲人在意大利天文学家伽利略(Galileo, 1564 ~ 1642 年)于 1610 年用望远镜观测确认太阳黑子之前，一直误认为黑子是金、水等内行星经过太阳圆面时的凌日现象。即使在伽利略确认太阳黑子之后，一些来华的传教士仍然把黑子说成是行星凌日所致。如，葡萄牙传教士阳玛诺(Emmanuel Diaz)的《天问略》(1615 年出版)说：“吾国历家遇金、水二星与日同度，恒见日轮中有黑点，以星体不能全掩日体故也。”

受传教士著作的影响，王锡阐也接受了黑子是行星凌日的观点。他在《晓庵新法》第六卷中提到：“太白体全入日内，为日中黑子。太白食日不成黑子者，日光盛大，人目难见。”不过，王锡阐注意到，太阳黑子有时不止出现一两个，而是会出现好几个。为此，他提出了“水内行星”的看法。如《五星行度解》指出：

日中常有黑子，未详其故。因疑水星本天之内，尚有多星。星各有本天，层叠包裹，近日而止。但诸星天周愈小，去日愈近，故常伏不见，唯退合时，星在日下，星体着日中如黑子耳。

在欧洲，是伽利略的《关于托勒玫和哥白尼两大世界体系的对话》(1632 年出版)最早提出了“水内行星”的观点。在我国，王锡阐则是提出这个观点的第一人。尽管这一猜测已被现代天文学所否定，但王锡阐当时能够有此猜想，亦是十分难能可贵的。

四 批评了西洋天文学中的错误

由于对中国传统天文历法和欧洲天文学都有较深入的研究，王锡阐清楚地认识到，中国的传统方法未必不如欧洲，西洋



方法也存在许多不足之处。为此,他在《历说》、《历策》、《晓庵新法序》等著作中,一方面肯定了西洋天文学方法,同时又对其缺点、错误进行了批评。

在《历说》中,王锡阐首先肯定了西法对日月食的推算优于中法。他说:“推步之法,莫过于交食。(西洋)新法于此特为加详,有功历学甚巨。”但他同时也指出,按西法小轮体系计算月球运动时,除定朔、定望外,都应加迟疾改正数;但《西洋新法历书》在计算日月食时均不加此改正数,好像日月食一定发生在定朔、定望。《历说》指出,事实上只有月食食甚时才是定望,因此,在推算其他交食情况时一般都应加改正数。

《西洋新法历书》还认为,月球在近地点时视直径大,月食的食分会相对减小;月球在远地点时视直径小,月食的食分就相对增大。王锡阐在《历说》中指出,这个论点是错误的。因为,月球无论在近地点还是在远地点,其实际直径并无变化,所变化的乃是地影直径。月球在近地点时,因地影增大,食分也将增大;在远地点时,则食分减小。

《西洋新法历书》是德国传教士汤若望(J. A. Schall von Bell, 1591~1666年)在清初对《崇祯历书》进行改编而成的,书中收入了多位欧洲传教士所翻译、撰写的内容;这些传教士又各有师承,且学有新旧,以致全书同时引用了托勒玫、哥白尼、第谷、开普勒等多位欧洲大天文学家的数据,前后矛盾、相互抵触的情况相当普遍。王锡阐列举了不少实例,如,《贻青州薛仪甫书》指出:“月离二、三均数,历指与历表不合”;《历策》指出:“日行惟一,而日躔表与五纬表差至五十五秒;月转惟一,而月离表与交日食表差至二十三分;日差惟一,而日躔与月离各具一表”;……这些混乱的数据,使计算的准确性无法得到保证。

王锡阐通过对南宋《统天历》、元代《授时历》及西洋新历的比较,发现回归年的长度有逐渐缩短的变化趋势。因西法认为

恒星年是不变的,根据岁差等于回归年与恒星年之差的关系,王锡阐《历说》认为,随着回归年长度的渐短,岁差常数应该逐年增大,但西洋却一直取岁差为固定值 51 秒,这是没有道理的。对此问题,当时的传教士们也无法作出解释。

汤若望所描述的戊戌岁(1658 年)的水星会合运动过程是:水星在日前时,将顺行上合;水星在日后时,将退行下合。这个说法违反了内行星的上合过程是星在日后,顺行而追及日;下合过程是星在日前,退行而与日相合的普通常识。《历说》对汤若望批评道:“夫星在日前,顺行益远;星在日后,退行益离,安得再合?”

除了上述对西法缺点、错误的正确批评以外,出于民族情感,王锡阐也对中国传统方法进行了辩护。如,中国古法分一日为十二辰,又分一辰为百刻,因 100 不能被 12 整除,辰与刻之间的配合就很麻烦;又中国分圆周长为 $365\frac{1}{4}$ 度,在计算和对仪表进行刻度时,也不如西洋分圆周长为 360° 方便。王锡阐不承认这些问题,他在《晓庵新法序》中辩解说,这些都是人为的划分,无所谓谁是谁非,也不影响测算的精确度;若说西洋方法比中法好,是没有道理的。

更有甚者,王锡阐还提出了西法源于中法的观点。他在《历策》中说:

今者西历所矜胜者不过数端,畴人弟子骇于创闻,学士大夫喜其瑰异,互相夸耀,以为古所未有。孰知此数端者悉具旧法之中,而非彼所独得乎!

为此,他举出了 5 条例证。但他的这些例证只是表明中国传统天文学用代数方法也能达到西法同样的功用,并不能表明两者方法上相同。他最后的结论是:“西人窃取其意,岂能越其范



围?”这种认识当然是不正确的。

五 《晓庵新法》的成果与不足

王锡阐虽然在感情上不喜欢西法,但作为一个严肃的天文学家,他并不因此主张一概排斥西法,而是认为应该中西兼采。在王锡阐心目中,理想的历法是:在中国古代传统的结构框架中,采用一些西方天文学的技术性成果,比如较为精确的数据之类。他于1663年完成的天文学著作《晓庵新法》,便是这一主张的具体实施。

《晓庵新法》全书共六卷。第一卷讲述了天文学计算所需要的数学知识。首先简述了勾股定理,然后着重讲述了正弦、余弦、正切等三角函数知识。这些知识虽在本质上和现代的一样,但他完全是用文字而不是用西方数学符号和公式表述的。

第二卷给出了一些基本天文常数,它们包括“岁周”(回归年)、“周天”(恒星年)、“历周”(近点年)、“黄道岁差”(黄经岁差)、“月周”(朔望月)、“转周”(近点月)、“交周”(交点月)、“内外准分”(黄赤交角的正弦)、“内外次准”(黄赤交角的余弦)、二十八宿黄道距度,以及五大行星的“合周”(会合周期)、“转周”(恒星周期)和“交周”(交点周期),等等。王锡阐把这些数据的历元取为崇祯元年(1600年),并以南京为里差之元(地理经度的起算点),其用意在于隐晦地寄托自己对故亡明朝的思念之心。

第三卷兼用中西法推求朔、望、节气时刻和日月五星的位置,并有黄、赤坐标的换算方法及各地北极高度的算法。

第四卷讨论了昼夜长短、昏晨蒙影、月球和内行星的位相变化及计算方法,还讨论了距离变化对日月五星视直径的影响。

所用的方法有许多和现代球面天文学公式完全一样^①，但也是用文字进行表述的。

第五卷首先讨论了气差(时差)与视差的计算，进而给出了“月体光魄定向”(日心与月心在天球上的连线)的推求方法^②。这一方法为王锡阐所首创，后经梅文鼎发展，并被清政府编算的《历象考成》(1722年)所采用。

第六卷是全书的重点。它首先讨论了日月食的计算方法。其中，日月食的亏起方位和复圆方位的计算，与第五卷中对“月体光魄定向”的计算方法相同。接着，它用相似的方法研究了金星凌日和五星凌犯(包括月掩恒星、月掩行星、行星掩恒星、行星互掩等)现象。这些方法皆为王锡阐首次采用，在前人的著作中未曾出现过。

《晓庵新法》是本着会通中西、另创新法的思想撰写的，但在行文上仍坚持传统历法体例，从头到尾没有用一个图形，这给文意的表达造成了一些不良影响。即使是三角函数这种纯西方的东西，王锡阐也偏偏要把它中国化一下，从角度定义到函数定义、函数表算法，在表述方式上均自立一套。虽然他在本书序言中批评宋代以来的“儒者不知历数，而援虚理以立说；术士不知历理，而为定法以验天。天经地纬、距离违合之原，概未有得”，但他自己也犯了同样的毛病，并没有把自己立法的原理说出来，以致让人难以通解其意。

尽管有这些缺点，该书作为中国历史上最后一部传统历法，仍体现出王锡阐在天文学方面的卓越才华。另外，该书也证明，在认真研究西学的基础上，我国学者是能够作出一些独立的创造的。

①② 参见席泽宗：《试论王锡阐的天文工作》，《科学史集刊》第6期，科学出版社1963年。

第七节 梅文鼎的球面三角学研究

从明朝末年开,陆续来华传教的欧洲耶稣会传教士,将西方的一些天文学和数学知识也介绍进来,在我国学术界引起了人们很大的兴趣。清朝初年,一些不愿意在清朝政府中做官的知识分子,便投身于对西方天文学和数学的研究之中。由于欧洲传教士当时所带来的数学有不少都是只有原理和法则,而缺少必要的论证,为此,我国一些数学家便开展了论证研究,并取得一定的成果。梅文鼎就是这方面的代表人物。

梅文鼎(1633~1721年)祖籍安徽宣城(今宣州),出身于知识分子家庭。他少年时代跟随不肯在清政府做官的父亲隐居于江南山村,除了学习四书五经之外,还学习天文、数学等自然科学知识。从青年时代起,他便把主要精力用在了数学和天文学的研究上。面对中国传统的科学技术和西方传入的科学技术,梅文鼎坚持“技取其长,而理唯其是”的态度,认为只要技术是先进的,理论是正确的,无论是中国的还是外国的,都应该努力学习、吸收。他说:

法有可采何论东西,理所当明何分新旧。在善学者,知其所以异,又知其所以同。去中西之见,以平心观理,则弧三角之详明,郭(守敬)图之简括,皆足以资探讨而启深思。务集众长以观其会通,毋拘名相而取其精粹。^①

经过毕生几十年的潜心研究,梅文鼎的著作颇丰,据他在七十岁时(1702年)审订的《勿庵历算书目》所列,就有数学著作 26

^① 梅文鼎《矩塘测量》卷二。

种,天文学著作 62 种,共 200 余卷。梅文鼎去逝后,他的孙子梅穀成(1681~1763 年)将他的主要著作编辑成《梅氏丛书辑要》刊刻发行,所收入的书目有:《笔算》五卷、《筹算》二卷、《度算释例》二卷、《少广拾遗》一卷、《方程论》六卷、《勾股举隅》一卷、《几何通解》一卷、《平三角举要》五卷、《方圆幂积》一卷、《几何补编》四卷、《弧三角举要》五卷、《环中黍尺》五卷、《璩堵测量》二卷、《历学骈枝》五卷、《历学疑问》三卷、《历学疑问补》二卷、《交食》四卷、《七政》二卷、《五星管见》一卷、《揆日纪要》一卷、《恒星纪要》一卷、《历学答问》一卷、《杂著》一卷。从这些著作可以得知,梅文鼎把西方传入的数学、天文学与我国传统的数学、天文学结合起来,融会贯通,并有自己的创造。

在当时传入的西方数学知识当中,最难为中国学者理解和接受的恐怕要属三角学了。因为,中国古代的传统数学一直比较忽视角的概念。梅文鼎在研究《崇祯历书》的过程中认识到,要搞通西方天文学的内容,球面三角学是一把必备的钥匙。但《崇祯历书》以及薛凤祚(1600~1680 年)的《历学会通》所翻译的西方三角学,对许多定理和公式都缺乏解释和证明。正如梅文鼎在《弧三角举要》一书所指出的那样,《崇祯历书》、《历学会通》诸书所介绍的有关内容“举例不全且多错谬”,“作图草率,往往不与法相应,缺误处竟若残碑断碣,弧三角遂成密秘藏矣”。因此,梅文鼎下很大功夫对三角学、特别是球面三角学的许多定理、公式进行了补充证明,完成了《平三角举要》、《弧三角举要》、《璩堵测量》、《环中黍尺》这些完全由中国人独立撰写的第一套三角学著作。这也是梅文鼎对西方数学研究中成就最突出的一个方面。下面,就着重讨论一下他在球面三角学研究上的成就。

一 对投影原理的创造性应用

创造性地利用投影原理,把球面三角问题转化为平面问题

一为借象，一为正形。以平写浑，不得已而为侧睨远望之形，以曲状其变，然多借象，而非正形，兹一准平仪法度。真二极于上下，而从旁平视之，则浑球上凸面之经纬弧角，一一可写于平面，而悉为正形。

这就是说,用平行投影法把球面上的大圆投影到一个平面上,如果投影线不垂直于投影平面,所得的投影为“借象”(斜投影);而垂直于投影平面的投影,则为“正形”(正投影)。“借象”即球的斜视之图(图5—7),各大圆的投影多成曲线,用起来很不方便。

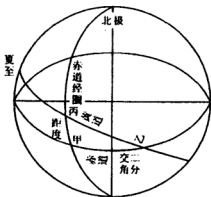


图 5—7 “借象”(斜投影)示意图

而“正形”中的许多线都呈直线(图5—8),能够较容易地找到球面三角中的各种关系。《崇祯历书·测量全义》卷七曾用斜投影的方法讨论球面三角的问题。梅文鼎指出:“斜视之图,无实度可记”,“其实度非算不知”;而正投影上“度皆实度,循图可得,即量法与算法通为一术”。因此,他主张采用正投影法。

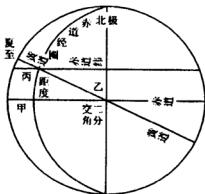


图 5—8 “正形”(正投影)示意图

梅文鼎将球面正投影图上各线段视长与实长间的正确关系总结为以下三项性质：

- 1) 图中大圆上的各点均可作为球极的投影;
- 2) 纬线弧正投影的实长, 等于以纬线为直径的半圆周的长。

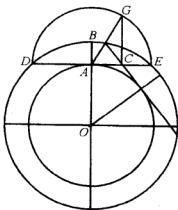


图 5—9 纬线正投影实长示意图

如图 5—9 所示, DE 为纬线弧的视长, 它的实长即是以 DE 为直径的半圆周 DGE , CE 的实长等于 $\widehat{GE}$ 的弧长。

- 3) 经线弧正投影的实长等于大圆的半周长。如图 5—10 所

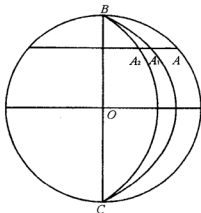


图 5—10 经线正投影实长示意图

示,弧 BA_1C 、 BA_2C 为两条通过极 B 、极 C 的经线的视长,它们的实长即半圆周 BAC , $\widehat{BA_1}$ 、 $\widehat{BA_2}$ 的实长即 $\widehat{BA}$ 。

二 对余弦定理的证明

梅文鼎利用正投影法证明球面三角公式和解决球面三角问题,获得了很好的效果。他对余弦定理的证明,就是一个很好的实例。

余弦定理是球面三角中一个重要定理,是三边 a 、 b 、 c 与一角 B 之间的关系式。其现代形式为:

$$\cos b = \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B$$

《测量全义》卷七曾利用斜投影图对该定理进行推导,但引线繁杂,说理烦琐。梅文鼎改在正投影图上解题,达到了证明简洁、说理透彻的效果。其具体步骤是^①:

如图 5—11,作出以 a 、 b 、 c 为三边的球面三角形 ABC 的正投

^① 参阅沈康身:《我国古代球体几何知识的演进》,载《科技史文集》第 8 辑,上海科学技术出版社,1982 年。

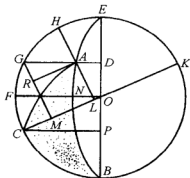


图 5—11 “余弦定理”梅文鼎证明示意图

影图,取球的半径为1。再作直径 BE ,作 $OF \perp BE$,过 A 作 $GD \perp BE$ 。以 B 为极,则 $\widehat{AB}$ 的实长为 $\widehat{BG} = c$ 。连接 OC ,过 A 作 $HL \perp OC$,以 C 为极,则 $\widehat{AC}$ 的实长即 $\widehat{CH} = b$ 。又大圆弧的正投影 $\widehat{ENB}$ 交 OF 于 N ,则 $\frac{OF}{GD} = \frac{NF}{AG}$,而 $OE = 1$, $GD = \sin \angle GOB = \sin \widehat{BG} = \text{sinc}$, $NF = \text{vers} B$,所以

$$\frac{1}{\text{sinc}} = \frac{\text{vers}B}{AG} \quad (\text{a})$$

又作 $CP \perp BE, GM \perp OC, AR \perp GM$, 因为

$\triangle AGR \sim \triangle OCP$, 所以有 $\frac{AG}{AR} = \frac{OC}{CP}$,

$$\begin{aligned} \sphericalangle AR &= LM = CL - CM = \text{vers } \widehat{CH} - \text{vers } \widehat{CG} \\ &= \text{vers } b - \text{vers } (c - a), \end{aligned}$$

且 $OF = 1, CP = \sin \angle COB = \sin a$, 则

$$\frac{AG}{\text{vers } b - \text{vers}(c - a)} = \frac{1}{\sin a} \quad (\text{b})$$

由(a)、(b)两式消去 AG 后可得

$$\frac{1}{\sin a \sin c} = \frac{\text{vers } B}{\text{vers } b - \text{vers}(c - a)} \quad (c)$$

整理(c)式,即可得到余弦定理公式

$$\cos b = \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B$$

三 巧用图解法

除了应用投影方法以外,《环中黍尺》还应用“以量代算”的图解法来解决球面三角问题。例如,上面证明的余弦定理,实际上是已知球面三角形的两边 a, c 及夹角 B , 求第三边 b 。在相同的条件下,同样可由图解法求得 b 。

如图 5—12, 在圆 O 上作球面三角形 $\triangle ABC$ 的正投影图, 然

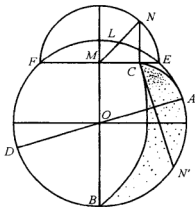


图 5—12 球面三角“图解法”示意图

后在圆周上取 $\widehat{BE} = a$, 作直径 BL , 过 C 点作 $EF \perp BL$, 再以 EF 为直径作半圆周, 并取 $\widehat{EN} = b$ 。又作 $NC \perp EF$, 则 NC 在 EF 上的垂足 C 就是 $\triangle ABC$ 的一个顶点。以 B 为极, 过 B, C, L 作经线的正投影, 则 $\widehat{BC}$ 是 $\triangle ABC$ 的一条边。因 $\widehat{BA} = c$, 以 A 为极作直径 AD , 过 A, C, D 三点作经线的正投影, 则 $\widehat{AC}$ 是 b 边的正投影。过 C 作 $CN' \perp AD$, 则 $\widehat{AN'}$ 即 b 边 $\widehat{AC}$ 的实长。

在球面三角形中, 只要知道三条边或三个角中的任意三元

素,都可应用图解法求得其他三元素。《环中黍尺》对以下六种基本情况都一一进行了图解讨论^①,它们是:

- 1) 已知三边 a, b, c , 求三个角;
- 2) 已知二边 a, c 及夹角 B , 求其余一边及两个角;
- 3) 已知二边 a, b 及 b 的对角 B , 求其余一边及两个角;
- 4) 已知二角 B, C 及夹边长 a , 求其余二边及一个角;
- 5) 已知三角 A, B, C , 求三边长;
- 6) 已知二角 A, B 及 A 所对边长 a , 求其余二边及一个角。

应用图解法,梅文鼎在《环中黍尺》卷二“三极通机”中还解决了黄道、赤道、地平三种坐标的换算问题^②。

四 对解球面直角三角形十个公式的证明

关于球面直角三角形的十个公式,《崇祯历书》在《测量全义》卷七中都已提到,它们是:

$$\sin a = \sin A \sin c \quad (1)$$

$$\sin b = \sin B \sin c \quad (2)$$

$$\sin b = \operatorname{tg} a \operatorname{ctg} A \quad (3)$$

$$\sin a = \operatorname{tg} b \operatorname{ctg} B \quad (4)$$

$$\cos A = \operatorname{tg} b \operatorname{ctg} c \quad (5)$$

$$\cos B = \operatorname{tg} a \operatorname{ctg} c \quad (6)$$

$$\cos c = \cos a \cos b \quad (7)$$

$$\cos A = \sin B \cos a \quad (8)$$

$$\cos B = \sin A \cos b \quad (9)$$

$$\cos c = \operatorname{ctg} A \operatorname{ctg} B \quad (10)$$

① 沈康身:《我国古代球体几何知识的演进》,载《科技史文集》第8辑,上海科学技术出版社,1982年。

② 刘钝:《托勒玫的哥隆马与梅文鼎的三极通机》,载《自然科学史研究》1986年,第1期。

但《测量全义》对这些公式或者述而不证,或者论证含糊。梅文鼎则在《弧三角举要》中对它们一一进行了简洁的证明,他所采用的基本方法“一言以蔽之曰:析浑圆,寻勾股而已”,即把球面问题化为平面问题,再根据直角三角形的性质推导出球面三角形的公式来。其具体步骤是^①:

如图 5—13, 设 O 为球心, 球半径为 1, $OFACD$ 为球的 $\frac{1}{8}$ 部

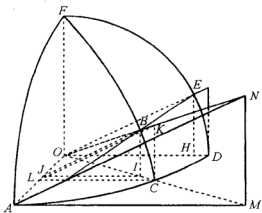


图 5—13 球面直角三角形的十个公式证明示意图

分, $\triangle ACB$ 是球面直角三角形, C 是直角。作五个辅助相似直角三角形 $\triangle OHE$ 、 $\triangle ODG$ 、 $\triangle JIB$ 、 $\triangle LCK$ 、 $\triangle AMN$, 使后三个三角形所在的平面都平行于前面两个三角形所在的平面 $OFED$ 。梅文鼎说, 这五个直角三角形都相似, 因此, 它们的对应线段是成比例的。

这样, 因 $\triangle OHE \sim \triangle JIB$, 则 $\frac{OE}{EH} = \frac{JB}{BI}$, 即 $\frac{1}{\sin A} = \frac{\sin c}{\sin a}$, 它也就是公式(1)

^① 参阅中外数学简史编写组:《中国数学简史》, 济南, 山东教育出版社, 1986 年, 382 ~ 384 页。

$$\sin a = \sin A \sin c$$

同理可得公式(3)

$$\sin b = \sin A \sin c$$

以及公式(5)

$$\cos A = \sin b \sin c$$

再利用次形法,在球面直球三角形 $\triangle BEF$ 中,

$$\widehat{FE} = \frac{\pi}{2} - A, \widehat{FB} = \frac{\pi}{2} - a, \widehat{BE} = \frac{\pi}{2} - c, \angle BFE = \frac{\pi}{2} - b, \angle E \text{ 是}$$

直角。这样,由公式(1)可得

$$\sin \widehat{FE} = \sin B \sin \widehat{FB}$$

也就是

$$\sin(\frac{\pi}{2} - A) = \sin B \sin(\frac{\pi}{2} - a)$$

即可得公式(7)

$$\cos A = \sin B \cos a$$

同理,由公式(1)得

$$\sin \widehat{BE} = \sin F \sin \widehat{FB}$$

也就是

$$\sin(\frac{\pi}{2} - c) = \sin(\frac{\pi}{2} - b) \sin(\frac{\pi}{2} - a)$$

可得到公式(9)

$$\cos c = \cos a \cos b$$

由公式(3)得

$$\sin \widehat{BE} = \sin \widehat{FE} \sin \widehat{FB}$$

也就是

$$\sin(\frac{\pi}{2} - c) = \sin(\frac{\pi}{2} - A) \sin(\frac{\pi}{2} - a)$$

可得到公式(10)

$$\cos c = \sin A \sin a$$

再据公式的轮换性,由(1)、(3)、(5)、(7)又可导出公式(2)、公式(4)、公式(6)和公式(8)。这样,梅文鼎就证明了解球面直角三角形的全部十个公式。

五 用垂弧法对正弦定理的证明

《弧三角举要》还介绍了球面三角中的多种变换,包括利用互余、互补和对称等关系构成新三角形的“次形法”和化斜三角形为直角三角形的“垂弧法”。

如图5—14所示, $\triangle ABC$ 为一斜球面三角形,过顶点 B 作垂



直于对边 $\widehat{AC}$ 的大圆弧 $\widehat{BD}$, $\widehat{BD}$ 即为垂弧。垂弧可在 $\triangle ABC$ 形内, 亦可在形外。另外, 还可对 $\triangle ABC$ 的次形作垂弧。这样, 斜三角形的问题就可转化为直角三角形的问题。

应用“垂弧法”和直角三角公式 $\sin a = \sin A \sin c$, 在直角三角形 $\triangle ABD$ 和 $\triangle CBD$ 中可得

$$\sin \widehat{BD} = \sin \widehat{BA} \sin A = \sin \widehat{BC} \sin C$$

再分别以 A 、 C 为顶点, 引对边的垂弧, 即可由类似关系导出正弦定理公式

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$$

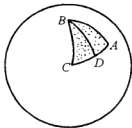


图 5—14 “垂弧法”示意图

六 对球面天文学中赤经、黄经和赤纬间关系的证明

解决与历法计算有关的球面天文学问题, 是梅文鼎研究球面三角的主要目的。赤经、黄经和赤纬间的关系, 是历法计算必须考虑的问题, 元代《授时历》曾经对这一问题进行过讨论。梅文鼎在《璿堵测量》这部关于球面直角三角形解法的著作中, 利用璿堵、阳马及鳖臑等三种多面体的性质, 很好地证明了赤经、黄经和赤纬间的关系。

璿堵、阳马、鳖臑三种多面体的形状, 如图 5—15 所示。三国时的刘徽在《九章算术》注中对它们的介绍是: “斜解立方得两璿堵; 斜解璿堵, 其一为阳马, 其一为鳖臑。”梅文鼎在论证赤经、黄经和赤纬间的关系时, 在一个璿堵体中 (图 5—16), 以 O 点为地球的球心, A 为春分点, E 为赤道夏至点, P 为黄道夏至点, $\widehat{AE}$ 为

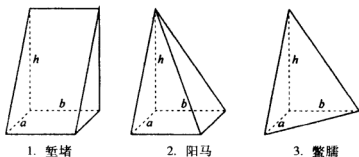


图 5—15 多面体“堠堵”、“阳马”、“鳖臑”示意图

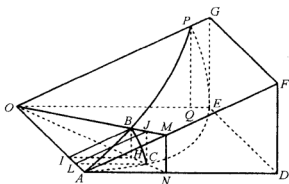


图 5—16 赤经、黄经、赤纬的关系证明示意图

赤道弧 $\widehat{AP}$ 为黄道弧 $\widehat{PE}$ 为黄赤大距。假定太阳在黄道上运行到 B 点,过 O 、 B 所在的直线作一平面垂直于底面 $OADE$,于是有鳖臑 $OANM$,而 $\triangle ACB$ 是一个球面直角三角形, C 是直角,则 $\widehat{AC}$ 、 $\widehat{AB}$ 、 $\widehat{BC}$ 分别是 B 点的赤经、黄经和赤纬。再过 C 作 $\widehat{BC}$ 的切线 CJ ,过 C 作 $CL \perp OA$,连接 LJ ;过 B 作 $BH \perp ON$,作 $HI \perp OA$,连接 IB ;又作 $PQ \perp OE$ 。这样,梅文鼎便可利用这一堠堵和鳖臑,来论



证赤经、黄经和赤纬间的关系了^①。

令球 O 的半径为 1, 由 $\text{Rt} \triangle ADF \sim \text{Rt} \triangle ANM$, 则有

$$\frac{AD}{AF} = \frac{AN}{AM}, \text{也就是} \frac{1}{\sec A} = \frac{\text{tg} b}{\text{tg} c}, \text{可得关系式}$$

$$\cos A = \text{tg} b \text{ ctg} c \quad (1)$$

由 $\text{Rt} \triangle LCJ \sim \text{Rt} \triangle ADF$, 则有

$$\frac{LC}{JC} = \frac{AD}{FD}, \text{也就是} \frac{\sin b}{\text{tg} a} = \frac{1}{\text{tg} A}, \text{可得关系式}$$

$$\sin b = \text{tg} a \text{ ctg} A \quad (2)$$

由 $\text{Rt} \triangle IHB \sim \text{Rt} \triangle OQP$, 则有

$$\frac{JB}{BH} = \frac{OP}{PQ}, \text{也就是} \frac{\sin c}{\sin a} = \frac{1}{\sin A}, \text{可得关系式}$$

$$\sin a = \sin A \sin c \quad (3)$$

在(1)、(2)、(3)式中, 因为 A 是常量, 即黄赤大距的度数, 所以可利用这三式分别进行赤道与黄道、赤道与距度以及黄道与距度之间的互求。

另外, 由 $\text{Rt} \triangle OAM \sim \text{Rt} \triangle OLJ$, 则有

$$\frac{OA}{OM} = \frac{OL}{OJ}, \text{也就是} \frac{1}{\sec c} = \frac{\cos b}{\sec a}, \text{可得关系式}$$

$$\cos c = \cos a \cos b \quad (4)$$

利用(4)式, 即可由赤经、黄经和赤纬中的任意两弧求出第三弧。

除了球面三角学以外, 梅文鼎还悉心研究了西方传入的各种计算方法(如笔算法、对数法等)和计算工具(如纳白尔算筹、比例规等); 独立研究了立体几何中正多面体的表面积、体积、相互间的互容以及与球体间的互容等问题, 这些问题在明末西方传入的《几何原本》中都没有介绍。对于中国传统数学中的勾股

^① 参阅中外数学简史编写组:《中国数学简史》, 济南, 山东教育出版社, 1986年, 388~389页。

术、多元线性方程组、田亩计算捷法等等,梅文鼎也有深入系统的研究。

梅文鼎以其渊博的才学和研究成果,在生前就被同代人称为“中华算学无有过之者”。及至清代中叶,他又被乾嘉学派的学者赞誉为“历算第一名家”,“国朝算学第一”。就整个清代数学来看,这些评价似乎有些过高。因为,就在他去世后不久,我国的数学和天文学都发生了许多在其著作中未能料到的变化。然而,不可否认的是,梅文鼎的研究工作对推动我国十七、十八世纪的数学和天文学的发展的确做出了突出贡献。正如近人梁启超所说:“我国科学最昌明者,唯天文算法。至清而尤盛,凡治经者多兼通之,其开山之祖,则宣城梅文鼎也。”^①

第八节 “湖广熟,天下足”——两湖 粮食生产的发展

“湖广熟,天下足”,是一句流传在民间的谚语,这里说的“湖广”主要是指现今的湖北、湖南两省。这一民谚究竟起源于何时?张国雄先生著文引用了明代人何孟春《余冬序录》中的记载:

湖藩辖府十四、州十七、县一百四,其地视诸省为最巨,其郡县赋额,视江南、西诸郡所入差不及。而“湖广熟,天下足”之谣,天下信之,盖地有余利也。

何孟春是湖南郴州人,明代弘治六年(1493年)进士,此文是何孟春在弘治年间为新蔡人曹凤赴任湖广右布政使所写。据此可知,“湖广熟,天下足”这一民谚至迟在明代弘治初年就已经在民

^① 梁启超:《清代学术概论》,《梁启超史学论著四种》,长沙,岳麓书社,1985年,37页。

间出现。^①

实际上,“湖广熟,天下足”这一民谚的出现,从某一方面反映出当时的“湖广”是全国重要的商品粮生产之地,也是全国重要的商品粮输出之地。这两点是同等重要的。为什么至迟从明代初年开始,“湖广”地区的粮食生产会不断发展,从而逐渐成为全国重要的商品粮生产基地?这是本节所要论述的问题。在我国历史的发展进程上,“湖广”能以成为全国商品粮重要生产基地,是有一个长期发展的过程,这与当时两湖平原——江汉平原与洞庭湖平原一带的垸田开发、农业生产技术的进步是密切相关的。现分述如下:

一 垸田的兴起与全面发展

长江中游地区自古以来就是河流湖泊众多的地方,著名的古云梦泽就位于此。长江中游地区的两湖平原——江汉平原与洞庭湖平原,是以长江、汉水、湘江等河流为主要泛滥源的泛滥平原。随着这些河流长期以来的濒年泛滥和淤积,在平原内部发育着星罗棋布的湖泊和纵横交错的支河港汊,组成了湖河交错、水乡泽国的地貌景观。其大面积的开发是以治水为前提进行的,这就是垸田的兴起与发展。垸田早在南宋时期就已经出现在江汉平原上,它是生活在这一地区的人们在长期的生产实践中总结出来的一种开发利用这一地区的方法。它在明清时期的兴起与发展,使两湖地区的耕地面积增加,成为当时全国的重要商品粮生产基地。“湖广熟,天下足”这一状况的出现,垸田的兴起与发展是重要的原因。张国雄先生在《江汉平原垸田的特征及其在明清时期的发展演变》一文中对此有详细的论述。现将该文的有关部分摘录如下:

^① 张国雄:《“湖广熟,天下足”的内外条件分析》,载《中国农史》,1994年第3期。

垸田早在南宋后期就出现于江汉平原,中经元代曲折、迟缓的历程,到明朝才真正进入全面、迅速发展的时期,江汉平原的全面开发治理也从此迈进了重要的新阶段。

垸田是江汉平原河湖交错的水乡地区一种四周以堤防环绕、具备排灌工程设施的高产水利田。垸堤、涵闸、渠系是判别本地区垸田的必要而充分的条件。

垸田建造的方法:

按围垦的对象,大致可以分截河和围湖两类。截河是“占水道为田”。被占垦的河道,有的是平原上的重要河流。荆江“九穴十三口”和汉江“九口”的消失,就是典型的例证。垸田兴起以后,人们为了控制荆江、汉江的洪水泛滥,减少它们向平原湖区的分流量,从而缓解江、汉倒灌对垸堤的压力,就逐渐人为地堵塞了荆江和汉水下游两岸的数十个分流穴口。分流河道也因此而废弃,成为不断围垦的对象……围垦的第二种方式是在涸水季节,趁湖干土现,开沟筑堤造田。但这些湖泊的湖泥层厚,土壤粘性重,土质糊烂不实,缺乏坚固的堤基。当年修的垸堤坍塌坐陷严重,沟渠常被湖泥的移动挤压变得窄浅。因此第二年又要重新垒高加宽堤防,深挑排水沟渠。如此几年之后,堤渠才能达到防洪排涝的标准。即使到这个时候,土地仍不能马上种庄稼,还需撂荒几年,继续降低地下水位,通过种植芦苇、荞麦、杂草等改变土壤结构。因此,这种垸田从投资动工到垸成受益,所需的时间比其他类型的垸田要长得多。而且对湖面的缩小,起了很突出的作用。

垸堤是垸田的重要标志,但不是唯一的标志。因为它虽然起到了防洪作用,却未根除水患(因垸内积涝也是患源之一)。当然,垸堤无疑为进一步的水利工程的实施提供了保障。垸田

生产要做到旱涝保收,高产稳产,还需解决排与灌、排与蓄的矛盾……江汉平原纵横交错的支河港汉为垸田排涝灌溉渠系的兴建,提供了便利条件……大部分排灌渠道是利用垸内自然河汉,加以疏浚而成。“堤旁港汉皆田间沟洫要道”。少部分为人工开凿,大垸大都修建了主干与分支两级渠系,排灌系统较为完善。进水排水涵闸沟通了垸内渠系与垸外水系的联系。……大垸与两级河渠系统配套,建有两级涵闸,涵闸对提高垸田水利的挡洪、排涝、灌溉能力有着重要作用。汛期,当垸外湖河水位高于垸内田面时,则闭闸防止洪水倒灌。当垸外湖河水位下降,低于垸内河渠水位时,就启闸自流排涝。如遇天旱缺水及其他需水的情况,因垸外水资源充沛,又可借外高内低的有利条件,开闸引水自流灌溉。如果说垸堤使人们成功地挡水于外,按照自己的意愿控制了洪水泛滥范围的话,涵闸则增加了人们根据垸内外水位情况变化,调节垸内水量的灵活机动性,使垸内排灌渠系的排涝、灌溉功能得以发挥,较好地处理了排与灌的关系。大垸的两级排灌系统在排涝时,涵闸的启闭有时间先后之分。白苕垸规定“水泛,柳口将闭,内腹心各口俱闭。水退,柳口先开,各口次第开流”。白苕垸十三小垸高低不一,沼湖是垸内最大的蓄涝湖泊,各垸涝水均先汇集于此,再经黄才则、柳口外排。汛期,二级闸口先闭,沼湖在各小垸涝水涌入量减少的情况下,利用总闸晚闭的时间,通过主干渠得以多排湖水,降低蓄水位。总闸关闭后,就可根据各垸受渍涝的情况进行调节以减轻灾情。分级排涝蓄涝是当时一种较先进的水利技术。^①

明清时期江汉平原垸田排灌系统中的涵闸,在考古发掘中

^① 张国雄:《江汉平原垸田的特征及其在明清时期的发展演变》,载《农业考古》,1989年第1~2期。

已有发现。1986年3月,在湖北天门县横林区白沙村,汉江干堤内的河滩上发现了一座清代闸。张益民先生在《天门县发现清代闸》一文中对此有详细的报道:

闸闸通长65米,宽1.8米,内空宽1.2米,高2.1米,内空高为1.5米,其断面呈弧顶门形,人可弯腰在内行走;全身由六百多块石头砌制而成,闸底由两千多根直径15~17厘米、长2.2米的杉木打成排桩,为闸闸基脚;闸首临水向南,头尾各有一块长1.8米、宽、厚约为0.3米的石匾,闸头一块横书“永庆安澜”,闸尾一块中间横书“永丰闸”,左右纵书分别为“皇清道光丙午年”和“陶林垵建”。道光丙午年为公元1846年,距今已有140年。一百多年来,由于每年春夏汉江涨水,河床因上游流下的泥沙淤塞而抬高,使这座闸闸被埋入到3~4米深,只有闸额微露出来,当地农民挖出时,整体基本完好,其木桩取出时犹如新木。在当时,闸闸管道应是横穿河堤,现古堤已被冲毁,形成了目前的沙滩。现在的汉江干堤已向外移距闸闸400米。^①

可见,这座修建于清代道光年间的涵闸是“陶林垵”为从汉江引水灌溉(同时也用于排涝)而修建的。2000多根木桩形成的闸基和闸身至今基本完好,足以说明,明清时期江汉平原上的垵田建设者对涵闸在垵田排灌设施中的作用是十分了解的,因此在修建时考虑周全,设计合理,结构坚固,充分发挥了其功能。

江汉平原地区的垵田在明代得到全面、迅速的开发,在清代乾、嘉时期发展到全盛。张国雄先生指出:

① 张益民:《天门县发现清代闸》,载《江汉考古》,1986年第3期。

(明代)成化至正德这 50 多年间,垸田分布范围迅速扩大,新耕地数量大有增加,形成了垸田兴建以来的第一个高潮,江汉平原在全国的经济地位因之提高。……两湖粮食生产已有迅速增长,达到了足以向全国提供商品粮的水平,而且潜力不小。江汉平原垸田的兴盛,显然对此起了举足轻重的作用。^①

二 农业生产技术的进步

明清时期,两湖地区、特别是江汉平原一带垸田的兴起与发展促进了农业生产技术的进步,使当地成为我国重要的粮仓。明·张瀚《松窗梦语》卷四中记载:

大江以南,荆楚当其上游,鱼粟之利,遍于天下。而谷土泥涂,甚于禹贡。其地跨有江汉、武昌为都会。鄖襄上通秦梁,德黄下临吴越,襟顾巴蜀,屏捍云贵。^②

“鱼粟之利,遍于天下”与“湖广熟,天下足”的民谚一样,都是当时两湖地区农业生产发展的真实反映。农业生产的发展除垸田的兴起与发展这一重要原因外,农业生产技术的进步,主要是耕作技术的改进和一年二熟制的推广也是重要的原因。

1. 农业耕作技术的改进

两湖地区地处长江中游,气候温和,雨量充沛,境内河流湖泊众多,所以“南方卑湿”的自然环境在汉代曾经被视为畏途。那时的长江中游一带实行的是“火耕水耨”的耕作方法。郭文韬

① 张国雄:《江汉平原垸田的特征及其在明清时期的发展演变》,载《农业考古》,1989年第1~2期。

② 转引自谢国桢:《明代社会经济史料选编》,上册,福州,福建人民出版社,1980年,6页。

先生在《中国古代的农作制和耕作法》一书中指出：

我国南方水田耕作技术的进步，始于后汉、三国，初步发展于中唐，大发展于南宋，这是有据可查的。据《后汉书·循吏传》记载：王景……“迁庐江太守。先是百姓不知牛耕，致地力有余，而食常不足。郡界有楚相孙叔敖所起芍陂稻田，景乃驱率吏民，修起芜废，教用犁耕。由是垦辟倍多，境内丰给”。由前汉的“水耕火耨”，到后汉的用牛耕种，是一大进步；由后汉到中唐，我国南方的耕作技术，又有了显著的发展。^①

明代初年，两湖一带还有不少荒地可以开垦，特别是湖塘淤积之地。明·朱国祯《涌幢小品》卷六《堤利》一节中指出：

堤之功，莫利于下乡之田。余家湖边，看来洪荒时，一派都是芦苇之滩。却天地气机节宣，有深有浅，有断有续，中间条理原自井井，明农者因势利道，大者堤，小者塘，界以埂，分以塍，久之皆成沃壤。^②

这些被开垦出来的农田，主要是位于河湖地带的垸田，建设好这些垸田的条件之一就是必须有较好的排水设施，降低地下水位，否则就难以成为好的农田。郭文韬先生指出：

我国南方在历史上向称“泽国”。由于降水量多，地下水位高，不采取排水措施，就很难获得三麦的丰收；不提高三麦的产量水平，也就很难发展稻麦两熟；不发展水旱轮作，水稻土的

① 郭文韬：《中国古代的农作制和耕作法》，北京，农业出版社，1981年，102～103页。

② 转引自谢国祯：《明代社会经济史料选编》，上册，福州，福建人民出版社，1980年，15页。

土壤结构也就很难改善,从而也就影响到水稻的增产。由此可见,解决整地排水问题,实在是我国南方农业增产上的大事。在南宋时代,我国的大农学家陈旉,就已经认识到水旱轮作是“熟土壤而肥沃之”的重要环节,但是还没有很好地解决整地排水问题。一直到元代,我国才创始了“开垅作沟”的整地排水技术,《王祯农书》中总结了这方面的经验:“南方……高田早熟,八月燥耕而晒之,以种二麦。其法:起拨为鳞,两鳞之间,自成一畎,一段耕毕,以锄横截其鳞,泄利其水,谓之腰沟。二麦既收,然后平沟畎,蓄水深耕,俗谓之再熟田也”。这里所总结的稻麦两熟田的整地排水的经验,是“开垅作沟”,既有垅沟,又有腰沟。这样就可以从垅沟到腰沟,从腰沟到边沟,沟沟相通,迅速地排除积水,从而为我国南方“泽国”,打开了通向麦稻两熟的道路。明、清时代,又发展了这个经验。如《农政全书》中所说的“南方大小麦,最忌水湿”,“作垄如龟背”;《便民图纂》所说的:“种大麦,早稻收割毕,将田锄成行垄,令四畔沟洫通水”等,都是对稻麦两熟田耕作技术的补充与发展。特别是明末清初时,我国人民又将这个经验提高到一个新水平。《补农书》中对“开垅作沟”技术的总结,就是这个新水平的例证。“种麦又有几善,垦沟揪沟便于旱,旱则脱水垅燥,力暇而沟深,沟益深则土益厚;旱则经霜而土疏。麦根深而胜壅,根益深则苗益肥,收成必倍。垅燥、土疏、沟深,又为将来种稻之利”。从垅沟、腰沟、边沟,沟洫体系的形成,到垅燥、土疏、沟深的质量标准的坚持,将我国南方稻麦两熟田的耕作技术,提高到一个新高度。^①

可见,在明清时期,两湖地区的农田耕作技术已经发展到一个新高度,不仅有一整套沟洫体系,使整地排水技术完善,而且

^① 郭文韬:《中国古代的农作制和耕作法》,166~167页,北京,农业出版社,1981年。

对耕地提出了“垵燥、土疏、沟深”的质量要求。这对于两湖平原一带(特别是垵田)的农业生产起了重要的促进作用。直到现代,在位于江汉平原的湖北沔阳、潜江、洪湖等地区,种植小麦时的土地耕作还在保持着“作垄如龟背”、“令四畔沟洫通水”的耕作方法。正是这种农田耕作技术的发展,克服了长江中游一些地区雨水多、地下水位高的缺点,改善了土壤的结构,为这一地区的一年两熟制奠定了基础,从而为“湖广熟,天下足”的实现创造了条件。

2. 一年两熟制的种植方法

明清时期,由于土壤耕作技术的改进,在两湖地区发展了以水稻生产为中心、以水旱轮作(或双季稻)为基础的一年两熟制。一年两熟制的种植方法可以说是两湖农业生产的一大发展,在相同的土地上生产出了更多的粮食,才使得两湖地区成为当时全国的粮仓,这也是一条重要的原因。

关于水稻的栽培,首先还要提到水稻育秧移栽的方法。郭文韬先生指出:

南方的水稻育秧移栽方法,早在唐代就已经相当普遍。杜甫写于蜀中的诗,就有“六月青稻多,千畦碧泉乱,插秧适云已,引溜加溉灌”的描写。张籍的《江村行》把江南的情况作了“江南热旱天气毒,雨中移秧颜色鲜”的描绘……从唐到宋,水稻育秧移栽已经积累了相当丰富的经验,以致南宋时的农学家陈旉在他的农书内专辟一篇来论述秧田的土壤耕作技术。所谓“今夫治谷,必先修治秧田”。^①

水稻育秧移栽的方法在两湖始于何时?已经难以确切地考

^① 郭文韬:《中国古代的农作制和耕作法》,北京,农业出版社,1981年,105~106页。

证了,但它在唐宋时期已经相当普遍却是可以找到证据的,这就是北宋苏轼所写的《秧马歌》。北宋神宗元丰年间,苏轼被贬到黄州(今湖北黄冈)任团练副使,看到当时黄州一带的农民骑在秧马上进行拔秧劳动,十分赞赏。后来,他为了推广秧马这种先进的稻田作业专用农器,写了一首《秧马歌》。由此可见,在北宋时期两湖地区的移秧栽培技术已经比较成熟了。水稻的育秧移栽技术为“双季稻”的出现提供了一定的条件。

有关“双季稻”的栽培,必须从“占城稻”的推广种植说起。“占城稻”最初从福建引种到长江流域,“是在宋真宗命令下由政府主办的”^①。章楷先生指出:

占城在今越南中部,占城稻是占城地方的一个品种。这个水稻品种什么时候从占城引种到福建?文献中没有记载。大中祥符四年(1011年),宋真宗赵恒鉴于江淮、两浙一带地势较高的水田,天气稍旱,水稻就要歉收,而占城稻是一个耐旱的早熟品种,因此命令江淮、两浙诸路转运使派员从福建调拨占城稻三万斛,分发给农民,以供在地势较高的水田内栽种。……因为占城稻是生长期较短的早稻,对这些地区稻、麦两熟制的推行,也有一定的影响。^②

清代的康熙也十分注意水稻良种的选择。康熙五十四年(1715年),他曾将“御稻种一石运到苏州,命令苏州织造李煦转发给附近地方试种”。^③在此以后的几年中,“苏州和江宁及其附近的几个县,以及江西省的一些县,曾用御稻作为双季稻栽种”,“把原来的稻、麦两熟改为一年种两季水稻”。^④

①② 章楷:《中国古代农学家和农书》,162~163页,上海人民出版社,1987年。

③④ 章楷:《中国古代农学家和农书》,上海人民出版社,1987年,159页。

占城稻的推广种植和以后的水稻良种的选择培育为长江流域(主要为包括两湖在内的中下游地区)双季稻的种植又提供了有利的条件。明·宋应星《天工开物》·乃粒·稻曰:

南方平原,田多一岁两栽两获者,其再栽秧,俗名晚糯,非梗类也。六月刈初禾,耕治老蕪田,插再生秧。

张国雄先生在《“湖广熟,天下足”的内外条件分析》一文中引用了清·同治《江夏县志》卷五记载:

谷分早秧、晚秧。早秧于割麦后即插,六月半获之。插晚秧于获早谷之后,仲秋时获之。

同时引用李彦章在《江南催耕课稻篇》中云:“两湖之间早晚两收者……必俟早稻刈后,始种晚稻”之区,就主要是指两湖上述稻作区。这些农业区不仅实行了双季稻,而且还推广了轮作复种制度。其稻麦轮种在湖北尤为突出。^① 这些记载都说明在明清时期两湖一带种植双季稻是有一定范围的,因此稻米的产量也就有了较大的提高。

除了“双季稻”这种一年两熟制外,明清时期两湖农业生产上的稻麦、棉麦、稻豆等一年两熟的种植方法均有一定的发展。张国雄先生指出:明清时期江汉平原的垌田实行“稻田或麦稻轮作,或种早晚两季水稻。旱地则是麦与棉麻油豆等经济作物交替耕种”。^② 关于稻麦复种的一年两熟制,郭文韬在《中国古代的农作制和耕作法》一书中介绍:“当时江南水稻和大麦的轮作复

① 张国雄:《“湖广熟,天下足”的内外条件分析》,载《中国农史》,1994年第3期。

② 张国雄:《江汉平原垌田的特征及其在明清时期的发展演变》,载《农业考古》,1989年第1~2期。

种有两种方式：一是收获大麦之后‘种迟生梗稻’；一是收稻之后，复种大麦”^①；关于稻豆轮作复种的一年两熟制该书也指出：“当时江南有一种大豆叫‘高脚黄’，在六月份收获早稻以后播种这种大豆，到九十月就可成熟收获了”。^②

正是这些一年两熟的种植方法充分发挥了地理及土地有利的因素，加上其他的原因，使明清时期两湖地区的农业生产有了长足的发展。

3. 绿肥的种植

土壤耕作技术的改进和一年两熟制种植方法的推广，对土壤的肥力提出了更高的要求。为此，在大量积累农家肥的同时，又积极地增加肥料的来源，明清时期的两湖地区的绿肥种植有了较大的发展。不仅在稻田中种植紫云英、苕子等肥田草，为增加稻田的肥料来源，有时还特别种植一些专门用于肥田的作物。明·宋应星《天工开物·乃粒·麦工》曰：

南方稻田，有种肥田麦者，不糞麦实。当春小麦、大麦青青之时，耕杀田中，蒸罨土性，秋收稻谷必加倍也。

这些种植绿肥的方法对于增加土壤肥力效果明显，直到今天两湖地区的许多地方仍在使⽤。例如现代江汉平原一带的农民在种棉花之前，往往会先种一季蚕豆（一般是种植在小麦的地垄边上），当第二年开始种棉时（小麦已近收割）就将长高快结荚的豆棵犁入地中作绿肥。至于种植紫云英（红花草）等绿肥的作法，在江汉平原的水稻生产中使用得更多。

①② 郭文韬：《中国古代的农作制和耕作法》，农业出版社，1981年，15～16页。

三 形成“湖广熟，天下足”的外部原因

张国雄先生在《“湖广熟，天下足”的内外条件分析》一文中指出：“江浙等地商品经济发育程度高的地区对两湖商品粮的依赖，是‘湖广熟，天下足’的前提。”^①

明清时期，江浙等地农作物的商品化、市镇的发展、人口的增加是形成当地对两湖地区粮食依赖的三个主要原因。这“三个变化，从两个方面给当地的农业生产造成极大的压力。一方面，农业中粮食种植面积大大压缩，农业人口中从事粮食生产的劳动者大大减少，这就势必影响每年粮食总产量的下降；另一方面，城镇数量的增加、规模的扩大，以非粮食的专业成果维持生计的人口增加，又势必加大当地的粮食消耗。这两个不同方向的发展趋势，到明代中叶就使江浙地区的粮食供应缺口越来越大，逐渐由原来的余粮输出区转变为商品粮进口区了……从购粮区域看，长江中游的两湖地区是重点所在。可见正是在下游对商品粮需求越来越大的形势下，中下游之间的粮食贸易才迅速发展起来。这个事实说明：明中后期至清代，两湖对外的商品粮输出，不同于以往省区间的粮食调剂，而是具有鲜明的商品经济色彩。两湖先进农业经济区的粮食生产是在下游急需米谷这种商品的诱导下而迅速发展起来的。没有下游商品经济的发展，也就很难出现持续的大批量的向江浙等省商品粮输出。”^②

此外，两湖地区地理位置的优越和交通运输的便利也是十分重要的，张国雄先生引用了明末吴敬盛等人所撰《地图综要》一书中的一段记载：

中国之地，四通八达，莫若楚也。楚固泽国，耕稼甚饶，一

①② 张国雄：《“湖广熟，天下足”的内外条件分析》，载《中国农史》，1994年第3期。

岁再获,柴桑吴楚多仰给焉。谚曰:“湖广熟,天下足”,言其土地广沃,而长江转输便易,非他省比。^①

第九节 宜兴紫砂器

紫砂器,顾名思义就是用紫砂为原料制成的产品。紫砂原料,是一种颗粒较粗的粘土,从其形成的化学属性来说,它与景德镇制瓷所用的瓷土同属于高岭—石英—云母类型,属于耐火粘土或难熔粘土的范围之内。与制瓷所用的瓷土相比,紫砂原料虽然颗粒较粗,但其泥料分子的排列是呈鳞片状结构,与一般陶瓷泥料呈颗粒状的结构不同;另一点不同的是,紫砂原料中铁、硅的含量比较高,所以烧制出来的产品颜色一般也比较深。

紫砂土,从颜色上分主要有三种:一种外观呈紫红色或浅紫色,称作紫砂泥,肉眼可见含有云母的微粒,用这种紫砂土烧成的紫砂器外观呈紫黑色或紫棕色;一种外观呈灰白色或灰绿色,称作绿泥,用这种紫砂土烧成的紫砂器外观呈浅灰色或灰黄色;第三种外观呈红棕色,称作红泥,用这种紫砂土烧成的紫砂器外观呈灰黑色。这三种粘土,在江苏宜兴丁蜀镇的黄龙山都有蕴藏,其中紫砂泥的储量最为丰富,绿泥较为稀少。

江苏宜兴,地处太湖岸,在古代曾被称之为荆溪、阳羨。文献记载与考古发现都表明至迟在北宋时期,这里已经有了紫砂器的烧制。据《宜兴古窑址调查》一文介绍,1976年7月,在江苏宜兴丁蜀镇的羊角山,发现了古代窑址的堆积,堆积中有早期的紫砂器残片,泥色紫红,泥质粗糙,手工捏制的技术不高,器物上有明显的火疵,复原所得大部分为壶。该窑址的年代,其上限不

^① 张国雄:《“湖广熟,天下足”的内外条件分析》,载《中国农史》,1994年第3期。

早于北宋中期,下限可延至明代中期,证明了学术界中有关紫砂器始于北宋的看法。^①另据文献记载,北宋欧阳修、梅尧臣等人都曾经写过有关歌咏“紫瓿”的诗词,据此有的学者认为紫砂茶具在北宋时不仅已经诞生,而且受到上层的欢迎。因此,梁白泉先生在《宜兴紫砂陶》一书中认为:“近千年来,紫砂经过产生、发展的过程,到明代末期臻于成熟,此后历久不衰。”^②本节下面的内容主要摘自梁白泉先生所编该书中的“前言”部分。

一 紫砂器的生产工艺

1. 原料准备

制作紫砂器,首先是准备原料,包括挖泥、炼泥和选料。挖出来的硬块状紫砂土要经过捣碎、过筛、澄滤,得到的细土还要放在窖中储藏一段时间,叫作“养土”,这与制瓷时,所用瓷土需要“陈腐”的原因是一样的。

2. 成型工艺

紫砂器的成型主要靠手工捏制,特别是著名的紫砂器,几乎都是手工捏制成型的。捏制时先捏器身,然后挖足、开面,最后加上柄、嘴、盖等。在清代雍正、乾隆年间出现了大量的模制产品,到了清代嘉庆、道光年间陈曼生重创古法,又盛行捏作。李景康、张虹说得好:“就印模与捏造而论,印模之法易精,在工业为进步;捏造之法难精,在技能为绝诣。故印模之法便于仿行,捏造之法则庸工不易措手也。名家之壶俱以捏造见长,坐是故耳。”

制好的还要经过细致地修整,有些器物再加装饰,装饰的方法有:贴花——堆塑山水、花草、人物、鸟兽等;绘写——以三氧

① 《宜兴古窑址调查》,载江苏《文博通讯》,1976年第1期。

② 梁白泉:《宜兴紫砂陶》,北京,文物出版社,1991年,8-15页。

化二铁等呈色剂在坯上绘画写字;雕刻——在坯体上阴刻出书画。紫砂器一般是不上釉的,也有少量上釉者,大件器物用泼釉法,小件器物用浸釉法。

早期的紫砂制坯工具主要是舂竹刀,后来逐步增添了木、角、石、金属等质地的工具,并用陶轮来拉坯和修坯。

紫砂器坯阴干后装在匣钵内进窑烧,传统的方法是采用“龙窑”,长达40~50米,木柴为燃料,窑温1100~1200℃,每窑烧40~42小时,停烧后再放置15~24小时,然后开窑取出产品。

紫砂器烧成后还要磨光上蜡,上蜡是紫砂器特有的工艺。一些彩绘的紫砂器,需要两次装烧:陶坯烧一次,彩绘后再烧一次。有些紫砂器上还有一些较特殊的装饰,如表面雕琢、金属镶嵌、镶扣、包裹等。

二 紫砂器的优点

紫砂器的优点主要有:

1. 紫砂原料经沉淀、炼制后,可塑性好,烧制过程中收缩率小,烧成范围大,产品不易变形。

2. 紫砂成品的吸水率小于2%,说明紫砂器的气孔率介于一般陶器与瓷器中间。

3. 紫砂原料中存在大量的团聚体,团聚体内部有闭口气孔。烧成时,团聚体产生较大的收缩,它的周围又生成一层断断续续的气孔群,大部分属于开口气孔。显孔率约5%,这样质地的器皿,用来泡茶,色、香、味俱佳;用来栽花,具有良好的透气性和排水性,不易烂根。

4. 紫砂泥料的分子排列呈鳞片状结构,与一般陶、瓷泥料的颗粒状结构不同。因此,紫砂器冷热急变性好,热传导性低,作为茶具时,抚摸不烫手,寒冬季节沸水注入及火上煎烧都不易炸裂,优于一般瓷器。

5. 按行家的说法,用紫砂原料可以烧制出几十种天然色泽的紫砂产品。

紫砂器主要是茶具,它的发展与我国人民爱好饮茶有关。由于紫砂器有上述这些优点,不仅泡出的茶色、香、味俱全,而且在夏季茶水也不易变坏,所以在古代,士绅阶层喜爱使用,广大民间也喜爱使用。

三 历史上著名的紫砂大师及有关问题

文献上确切记载的紫砂历史,是从明朝正德年间(1506 ~ 1521 年)供春学金沙寺僧制作茗壶开始的。根据我国历史上第一部专门的紫砂著作——周高起在明代天启年间(1621 ~ 1627 年)写成的《阳羡茗壶系》中所说,当时供春所制的紫砂壶已经很难见到了。现今传世的供春所制的紫砂壶,一件藏在中国历史博物馆,一件藏在香港茶具文物馆,但是有关学者考证,都还难以定为真品。

1965 年,在南京中华门外马家山明朝太监吴经墓中出土了一件紫砂提梁壶,通高 17.7 厘米,墓中还有嘉靖十二年的砖刻墓志。该壶胎近缸胎而质地较细,壶面釉附“缸坛釉泪”,证明当时烧制紫砂还没有另装匣钵,是与一般的缸器同窑烧成的。

时鹏、董翰、赵良、元畅都是明代嘉靖、万历时期的著名紫砂陶工。时鹏之子时大彬是供春之后最著名的紫砂大师,生活在万历年间。时大彬制作紫砂器时,所用的紫砂土中杂有天然的硃砂(一种含有氯化铵的矿物),烧成后紫砂器的器身上呈现出金星点。更重要的是,时大彬受到饮茶理论的启发,顺应品茶的需要,专门制作紫砂小壶,受到了当时人们的喜爱。

在考古发掘中已经有多次出土时大彬制作的紫砂器。例如:福建漳浦明代万历三十八年(1610 年)墓中出土的紫砂圆壶,上有“时大彬制”四字底款;江苏无锡县甘露乡崇祯二年墓出土

的三足圆壶,上有“大彬”二字款。这些出土的文物,为传世的时大彬制作的紫砂壶的鉴定提供了标准器。

清代乾、嘉时期的陈鸿远(1768~1822年),号曼生,浙江钱塘人,曾在宜兴任过三年的县宰。他曾与一些爱好紫砂器的同行们(包括某些工匠)一起制作了数千件的“曼生壶”传世,考古发掘中也曾发现过刻有其他工匠名字的“曼生壶”。当时许多文人雅士都热心于此,陈曼生对宜兴紫砂业的振兴,有过重大的贡献。

我国的紫砂器在明末前后传到了国外。明朝末年,葡萄牙属东印度公司在大量贩运中国的茶具到西欧的同时,紫砂器也传到了西欧,被西欧的人们称之为“红色瓷器”、“朱泥器”或“朱砂器”。大约在1680年,荷兰人米尔德曾经仿制过紫砂器;1690年,英国人埃勒兄弟也用红色粘土仿制过紫砂器。在日本江户时代末期,中国的紫砂器传入了日本。

第十节 中国的瓷都——景德镇及其青花瓷

自明代以来的数百年间,只要说到中国的瓷器无不提起景德镇,景德镇几乎成为中国瓷器的代称,成为名副其实的瓷都。实际上,景德镇的置镇时间是在北宋时期,据《宋会要辑稿》记载:饶州浮梁县景德镇,景德元年(1004年)置。该镇可能就是在景德年间所置,而被命名为景德镇。

赵匡华等指出:

明清时期,景德镇以外的窑场先后衰落,各种具有特殊技能的制瓷工匠云集景德镇,造就成该镇“工匠来八方,器成天下走”的繁荣局面。明代万历时人王世懋在介绍当时景德镇的景象时说:“万杵之声殷地,火光炸天,夜令人不能寝。戏呼之曰四时雷电镇。”据考,在明嘉靖二十一年(1522)时,在景德镇从

事瓷业的人数已达十余万人。景德镇生产的瓷器不仅数量大,品种多,而且质量高,销路广。正如宋应星所说:“合并数郡,不敌江西饶郡产……若夫中华四裔,驰名猎取者,皆饶郡浮梁景德镇之产也。”景德镇先后生产的釉下彩青花瓷器,釉上彩五彩瓷器……各种各样的低高温色釉瓷器,代表着当时中国制瓷工艺的最高水平。景德镇生产的瓷器不仅要满足国内外市场的需求,更要担负着宫廷用瓷和赠外礼品瓷的重任,成为中国名副其实的瓷业生产中心——瓷都。^①

景德镇成为中国的“瓷都”,是有其自然条件和社会历史等多方面的原因,主要是:

一 丰富的制瓷原料

景德镇的制瓷(瓷胎)原料主要有高岭土和瓷石两种,这两种原料在景德镇及其周围埋藏丰富。盛产瓷土的地方有:浮梁东乡、西乡,星子,临川等区。著名的优质瓷土——高岭土就出产于景德镇以东五十公里的高岭山。从清代乾隆、嘉庆时期开始,“高岭土”就已经成为专门术语,它的含义已经不仅仅是指高岭山出产的瓷土,还包括了与高岭山瓷土成分相同或相近的其他地方出产的瓷土,也就是说其他地方出产的这类瓷土也被称之为高岭土。再后来,高岭土又成了国际通用的名称“Kaolin”(高岭土)“Kaolinite”(高岭石)。盛产瓷石的地方有:浮梁窑里、三宝蓬、东流、寿溪坞;鄱阳陈湾、焦源坞;乐平礼林里;余干黄金埠、梅港;余江流源和安徽祁门横头等区。这些原料产地距离景德镇都不太远,最近的只有几公里,最远的如鄱阳湖西岸的星子县距离景德镇也只有200余公里。

^① 赵匡华等:《中国科学技术史·化学卷》,北京,科学出版社,1998年,96~97页。

景德镇制造瓷釉的原料主要有釉果和釉灰。釉果也是一种瓷土,其化学成分与做瓷坯用的瓷土相近,其主要矿物成分为绢云母、石英和长石等,具有较低的熔融温度和良好的透明度。景德镇周围出产多种釉果,如著名的“东乡釉果”就出产在浮梁东乡窑里。釉灰是用石灰石和狼鸡草或凤尾草叠烧数次,并经陈腐而成,分为“头灰”和“二灰”,其主要化学成分为钙的化合物,在景德镇附近都有较多的出产。

据周仁等先生的研究,高岭土中所含的主要矿物是高岭石、水白云母及少量的石英和长石;瓷石中的主要矿物是绢云母、石英及少量的方解石。周仁等先生指出:

景德镇瓷器,亦即明清以来传统的中国瓷器,是不同于长石质瓷器的;它是含属水云母的绢云母矿物作为熔剂成分的,因此可以把它看成为高岭—石英—绢云母质瓷胎和石灰石—石英—绢云母质瓷釉。正因为绢云母呈细分散状态,反应比较充分,在瓷胎中容易形成玻璃相,所以中国传统瓷器质地细致和透明度高。这就是传统瓷器的绢云母质瓷的特点。^①

二 制瓷技术的连续积累

1. 悠久的制瓷历史。关于景德镇的制瓷历史可以追溯到哪个时期,目前尚无一致的看法。江建新先生在《景德镇窑业遗存考察述要》一文中指出:在景德镇域内,目前所发现的最早窑业遗存是五代的。从五代遗存中出土的白瓷来看,白瓷的胎质细腻致密,胎骨坚硬,釉色洁白纯正;据分析,其胎白度达70%,烧

^① 周仁等:《景德镇制瓷原料的研究》,见中国硅酸盐学会编:《中国古陶瓷论文集》,北京,文物出版社,1982年,321页。

成温度一般在 $1150^{\circ}\text{C} \sim 1200^{\circ}\text{C}$ 之间,为我国同期瓷器中质地最优产品。其碗、盘是采用支钉重合迭烧法。

五代时景德镇也有青瓷的烧造,其产品质细胎薄,器形规整,花口、瓜腹、平底宽边、矮圈足等造型特点,并以细小密集的支烧等烧造技艺,与越窑极为相似,带有鲜明的仿越窑特点。但是,五代景德镇的青瓷釉面有的呈橘皮纹,有的呈鸡爪形开片,还有的有缩釉现象。这说明,当时的制瓷工人在掌握釉和胎的收缩系数技巧上还不熟练。^①

这些都说明,景德镇最早的窑业要早于五代。

刘毅先生在《景德镇窑业成就及其成为瓷都的原因》一文中指出:宋元间制瓷技术的连续积累奠定了景德镇成为瓷都的基础。宋初青白瓷的烧成,表明景德镇窑开始形成自己的独特风格。从此,窑业日盛,宋代景德镇周围数十里“村村陶埴,处处窑火”,生产的青白瓷远销海内外。^②

2. 雄厚的技术积累。刘毅先生指出:两宋时期,景德镇积累了雄厚的制瓷技术,制瓷业内的分工更加明确,宋代烧窑业与制坯业已经完全分离,成为同一行业中的两个行帮。蒋祈《陶记》所云:“陶工、匣工、土工之有其局”,“车坯、利坯、釉坯之有其技”,“印花、画花、雕花之有其法”,即表明宋元时期制坯行帮中的分工更加精细并专门化。制瓷内部分工的日益精细,为由小制瓷作坊向制瓷手工工厂转化创造了前提条件,也为高质量名贵瓷器的生产提供了更加可靠的技术保证。元代浮梁磁局之设和青花新品种的烧成,使得景德镇窑在宋代已有的基础上锦上添花,它以领先的技术、丰富的品种在元代中期以后的制瓷中占据着绝对优越的位置。明代初年设官窑于景德镇,御窑场之设,

① 江建新:《景德镇窑业遗存考察述要》,载《江西文物》,1991年第3期。

② 刘毅:《景德镇窑业成就及其成为瓷都的原因》,载《南方文物》,1996年第3期。

最后确立了景德镇“瓷都”的地位。^①

3. 民窑的发展与进步。明清时期,景德镇域内不仅有官办的窑厂在烧制瓷器,还有更多的民办窑厂也在烧制瓷器。这些民办窑厂既受到官窑的压迫,同时也与官窑之间开展竞争,它们也在培养人材、筹集资金,生产高档的产品与官窑竞争。刘毅先生指出:明代景德镇出现了专门生产优质细瓷的民营窑厂“官古器户”,稍次之则有“假官古器户”、“上古器户”、“中古器户”等,其中最著名的有专仿宣德、成化瓷的崔国懋崔公窑,仿定窑的周丹泉窑,专制精美脱胎瓷的吴昊十九壶公窑等。这些窑厂的产品质量很精致,堪与官窑的产品媲美,其产量也相当多。正是这些民办的窑厂,集中了大批优秀的工匠,代表了景德镇制瓷业的发展水平,它们为“瓷都”的形成奠定了坚实的基础。^②

4. 《景德镇陶录》一书中记载的有关制瓷技术

《景德镇陶录》是蓝浦、郑廷桂师生两人研究陶瓷的成果。他们两人都是景德镇人,其中蓝浦为清代乾隆时人,无功名,教书为业。《景德镇陶录》一书是于清嘉庆二十年(1815年)定稿刊行的,^③所以书中记载的内容主要反映的应是明清时期的制瓷情况,相当一部分应是作者亲眼所见、亲耳所闻的事实。现就书中记载的有关制瓷技术,摘其几点叙述如下。

(1) 瓷土质量的检验方法和标准

在景德镇,早在明清之前,制瓷所需要的瓷土,一般都是由专门生产瓷土的“专业户”供给。瓷土一般制成大块的土坯状,当地的俗语称之为“不子”,“不”,读成“敦”的上声。制瓷作坊在购买“不子”时都有一套质量检验的方法和标准,卢家明先生指出:

①② 刘毅:《景德镇瓷业成就及其成为瓷都的原因》,载《南方文物》,1996年第3期。

③ 卢家明:《“景德镇陶录”探析》,载《自然科学史研究》,第17卷2期1998年。

《景德镇陶录》卷四记载：“陶户收买釉不，先于船中提少许捏成块，上划各土客字号。烧窑日，置之火眼内，待烧熟，用铁钩探出，验辨货色，谓之试照。”其中鉴定高岭土耐火度的等级标准是：“上者麻布口，次者糖口，最下者瓷器口”（《景德镇陶录》卷四），即其断口粗糙，呈麻布口，说明高岭土未烧结，其耐火度必高，其性硬，适宜造细瓷；若断口有“发汗”现象，即呈“糖口”，说明部分烧结，耐火度适中；若断口“如破瓷片，滑平无纹而不糙，若刀切然”，即说明几乎完全烧结，则其耐火度低，“此土必无健性，造坯经烧必软挫”（《景德镇陶录》卷四），易导致产品变形。这种鉴定标准与今天通过分析鉴定原料的矿物组成、化学成分和烧结试验所制定的高岭土原矿进厂标准基本一致，足见当时原料鉴别方法的准确。^①

（2）砌窑技术

卢家明先生指出：

自元代以来，景德镇瓷窑一直是葫芦形窑，至明末清初始演变为蛋形窑（即景德镇窑）。这种窑“窑制长圆，形如覆瓮，高宽皆丈余，深长倍之，上罩窑棚。其烟突围圆，高二丈余，在窑棚外”（《景德镇陶录》卷一）。它是我国传统窑炉中独具风格的窑，其结构简单，烧成时间短，产量高，热耗低。

窑制的改进与魏氏世专砌窑之业，技术不断提高有很大关系。《景德镇陶录》卷四载：“结砌窑巢，昔不可考。自元明以来，镇土著魏姓世其业”……该族所结之窑高卑、阔狭、大小、浅深以及火堂、火拭、火眼都有一定的规制和要求。嘉庆五年间，有窑户仿效魏氏的方法结窑，“所烧之瓷大半膨胀，成熟者亦偏倚不正，惟魏氏手制则无他虞”，可见魏氏结窑之术精湛。^②

①② 卢家明：《“景德镇陶录”探析》，载《自然科学史研究》，第17卷2期1998年。

蛋形窑,好似半个蛋形覆置,此窑的容积大,大约有 150 ~ 200 立方米;由于这种窑的窑墙较薄,在窑墙与护墙之间填以沙石作隔热层,所以热的利用率也比较好;在同一窑内,可以根据各部位温度的不同,同时装烧品种不同的制品,以适合景德镇附近制瓷原料的特性和瓷器的传统风格。这种窑制的改进和砌窑技术的不断进步,为景德镇瓷器生产的发展、新品种瓷器的出现及高档瓷器的制造创造了条件。可以说,明清以来景德镇制瓷所取得的成就,与蛋形窑的采用和砌窑技术的不断进步是分不开的。^①

(3) 满窑技术

卢家明先生指出:

满窑是烧窑前的一道准备工序……当时的瓷工已经娴熟地掌握了这一工序,在同一窑内,根据各部位温度的不同,而放置不同的制品。如烧窑户搭烧坯户的瓷坯,其满法为:“当窑门前一二行皆以粗器障搪怒火,三行后始有细器;其左右火眼处,则用填白器拥燎搪焰;正中几行,则满‘官古’、‘东青’等器;尾后三行,又用粗器拥焰;若窑冲,惟排砖造砌而已”(《景德镇陶录》卷四)。……不同的装窑方法可以改变全窑各部位的热力情况,所采用的多种坯釉可以适应于各窑位的不同温度,使同一窑制品达到同时烧好。

明清瓷工对烧窑有了丰富的经验积累,特别是对烧窑时温度的控制比较熟练,认识到了“火不紧烘,则不能一气成熟;火不小溜,则水气不由渐干,成熟色不漂亮;火不沟疏,则中、后、左、右不能烧透……”(《景德镇陶录》卷四)^②。

^① 吴山主编:《中国工艺美术大辞典》,南京,江苏美术出版社,1988年,68页。

^② 卢家明:《“景德镇陶录”探析》,载《自然科学史研究》,第17卷2期1998年。

瓷器的制造工序中,烧制是最为重要的一环,烧制不好,前功尽弃。所以满窑技术相当重要。明清时期,景德镇的窑工们在烧窑温度控制方面所积累的丰富经验,不仅保证了一窑制品达到同时烧好的目的,也保证了一些精细瓷器烧制的成品率。

(4) 技术分工的进一步细化

明清时期,景德镇瓷业生产分工之细、专业化程度之高是其他手工行业所无法比拟的。景德镇瓷业至迟从元代起,便是烧、做两行分立的。到了清代,仅是制作瓷坯的就有十几种专业分工。正因如此,许多道工序都是由专业性很强的工匠进行操作,对提高瓷坯的质量是大有益处的。不仅如此,就是制作瓷坯的辅助行业,如白土户(生产瓷坯用的瓷土的专业户)、青料户(生产青花瓷色料的专业户)、炼灰户(生产制作瓷釉时用灰的专业户)、匣户(生产烧制瓷器时所用匣体的专业户)等也逐步地专业化起来。表5—2是清代景德镇坯作生产的情况,由此可见当时瓷器制造中各专业分工之细的程度。

表5—2 清代景德镇坯作生产情况^①

作名	生产情况	备注
官古器作	制作青花瓷、有兼仿古名窑釉者,如仿霁红、霁青、龙泉、汝器。所造为民间最精品。	始于明
假官古器作	造次于官古器的瓷品,质料不及官古,花式则一。	始于明
上古器作	造圆器,如大碗、宫碗、七寸、五寸、四大器。始不造小圆器,后亦造,无琢类。	始于明
中官古作	所造器物同上古,质料不及。	始于明
釉古器作	造假中古器,花式釉色同中古,但质胎不美。	始于清

^① 卢家明:《“景德镇陶录”探析》,载《自然科学史研究》,第17卷2期1998年。

作名	生产情况	备注
常古器作	造稍粗器,供民间日用,较冒饭等器为精。	二作皆互兼造
小古器作	专造小圆器,质料、工作如中古。	
粗器作	造饭器,器粗含沙,产量大。	
子法器作	造圆器,子式上宽直下锐平,法式口微撇,宽折而下直。又兼造梨式。	
脱胎器作	造薄器,分真脱胎和半脱胎二种。	
大琢器作	造大瓶、花缸、大盆、鼎、炉、屏风等。	
洋器作	造专售外洋之器,式多奇巧,岁无定样。	
雕镶作	造小琢器,兼仿东青器。	
定单器作		
仿古作	仿造古瓷,多为仿宋。	
填白器作	造纯白釉器,备作釉上彩。	
碎器作	仿哥窑、官窑及龙泉窑、吉州窑。	
紫金器作		

三 青瓷的衰落

青瓷是我国古代瓷器中一个主要的品种,直到元代,青瓷的地位才受到真正的挑战。我国瓷器产品的主流在元明之际发生了转变,青瓷逐渐失去主流地位而让位于以白瓷为基础的青花瓷及彩瓷。所谓“古窑重青器,至明而秘色已绝,皆纯白,或画青花,或加五彩”(清·朱琰《陶说》卷三),正是准确地描述了这一转变。刘毅先生在《景德镇瓷业成就及其成为瓷都的原因》一文中引用郑廷桂《景德镇陶录·辑补》中的记载:“古瓷尚青,宜品茗酒耳;若肴饌则素瓷、青花、白质瓷为佳”,即认为古人尚青瓷,多从“青瓷益茶”这一角度来考虑的,至于菜肴盛载,自然是以白瓷或白地彩瓷更佳。景德镇出产的瓷土细白,不宜烧制青瓷,但

适宜制白瓷及以白瓷为基础的青花瓷及彩瓷。青瓷的衰落,瓷器的主流品种由青瓷向以白瓷为基础的青花瓷及彩瓷的转变,更为景德镇制瓷业的进一步繁荣发展拓宽了道路。^①

四 景德镇的青花瓷

青花瓷是明清时期景德镇所产瓷器的主流产品。所谓青花,就是以钴为着色剂绘在白色的瓷胎上,其上再施以透明釉,经高温烧制而成,所以青花瓷是一种釉下彩瓷器。青花瓷器上的花纹凝重浓艳,加之钴料在烧制时向四周的适度扩散,颇具我国国画的风格,自古以来就深得广大人民的喜爱。

1. 景德镇烧制青花瓷由来

目前考古发现的最早的青花瓷器实物是唐代的。1975年和1983年,考古工作者两次在江苏扬州唐城遗址中发现了唐代青花瓷器。有的研究者认为,唐代青花的出现与唐代早期在著名的唐三彩上首先使用钴料作蓝色着色剂有关。

陈尧成先生等在《历代青花瓷器和青花瓷料的研究》一文中指出:河南、陕西出土的唐三彩上的蓝色釉,是一种使用钴料为着色剂的铅釉。^②

赵光林先生在《试探青花瓷器的起源和特点》一文中指出:扬州唐城遗址出土的一些青花瓷片,其钴料与河南巩县唐三彩接近,是为低锰、低铁、含铜的钴料,与景德镇的元、明青花瓷均不同。因此他认为:

青花釉下彩的烧制最初应在河南省的唐代巩县,由于浙江、云南一些地方产钴,宋元时当地陶工匠也学会在陶瓷上彩

① 刘毅:《景德镇瓷业成就及其成为瓷都的原因》,载《南方文物》,1996年第3期。

② 陈尧成等:《历代青花瓷器和青花瓷料的研究》,见中国硅酸盐学会编:《中国古陶瓷论文集》,北京,文物出版社,1982年,59页。

绘而烧造出青花瓷器来,只不过不够成熟罢了。景德元代青花之所以能够烧制成功,一是它利用了宋代烧制影青瓷的基础,影青瓷在宋代已经烧制得非常成功。二是受长沙窑、吉州窑和磁州窑釉下粉技法的影响,特别是吉州窑距景德镇不远,技术上的交流是比较容易的。三是吸收了景德镇以外各窑烧制青花瓷的经验,总结了它们的成果,也是完全可能的。四是官府在景德镇定烧瓷器,工料和技术上的要求也更加严格,同时为了烧出更好的成品,可以不计成本,这对景德镇瓷业的发展都起着一定的作用。^①

2. 钴料——青花瓷的着色剂

青花瓷器上是采用钴料为着色剂。所谓的钴料,又称青料,是一种天然的含钴矿物,使用时还需要经过精制。由于不同时期、不同窑场所使用的钴料往往来自不同的产区,其钴料中的化学成分往往也有较大的差别,特别是钴料中锰、铁等元素的含量高低极大地影响着青花瓷器的质量。好的钴料烧制出的青花,其纹饰凝重蓝艳;不好的钴料烧制出的青花,其纹饰灰暗或泛黑。

赵匡华等指出:

在明代景德镇众多的瓷器中,青花瓷一跃占据了主流地位,……使青花瓷的生产迈入了一个黄金时期。明代永乐(1403~1424年)、宣德(1426~1435年)、嘉靖(1522~1566年)等年间都曾烧制出具有各自特色的青花瓷器,这与它们采用了不同色料有直接的关系。永乐和宣德年间的产品所用的青花的色料主要采用郑和等从南洋、伊斯兰国家带回的含锰低、含铁高的“苏麻离青”(一种含氧化钴的青料的译名),所以

^① 赵光林:《试探青花瓷器的起源和特点》,载《南方文物》,1992年第1期。

产生浓艳的青花,但时有黑斑出现。自宣德后期,由于进口青料的减少,于是多使用进口青料与国产青料相配合的混合料,在适当的烧成温度下,青花色彩变成柔和淡雅的蓝色,黑斑也少见。至成化、正德年间,由于普遍单纯采用国产青料,加上正德初年的宁王叛乱,景德镇御器厂一度停产。这时期其他瓷窑的青花瓷的色调大多淡浅或稍浓带灰。嘉靖年间,则又恢复使用了进口青料,并在使用进口和国产混合青料时对适当配比也有了更多的经验,所以烧出的青花呈现蓝中微泛红紫,浓重而鲜艳。万历中期以后,可能由于进口青料的中断而再度普遍改用国产青钴料。然而这时期的工匠对国产青钴料的加工使用已掌握了较为丰富的经验,所以烧成的青花虽然没有嘉靖时期那么浓艳,但是蓝中微微泛灰,也颇有沉静之感。由上述史实可以窥见明代景德镇所烧造青花瓷器的变化和发展,所使用的青钴料原料及其加工技术则是这一变化的主要根据。^①

钴料必须进行精选,无论是进口钴料或是国产钴料都是如此。赵匡华等指出:

一般未经炼制的钴土矿是不足以直接用作青料的,仅经一般加工的国产青料,呈色往往明显带灰。明代时的制瓷工匠还绝不可能了解到青花的主要着色剂为钴的氧化物,氧化钴用量过高,会使色泽易发紫黑,过低则不能显出青蓝色;钴土矿中氧化锰、氧化铁的含量多寡会对青花呈色造成很大的影响等等。但是他们却在实践中逐渐掌握了进口青料和国产青料的适当配比及进口青料和国产青料的深加工,从而烧出了高质量的青花瓷。他们在配制釉料中,还认识到钴土矿用多了,会使颜色泛紫(由于铁、锰氧化物的增加);若是矾土石用多了,则会使

① 赵匡华等:《中国科学技术史·化学卷》,科学出版社,1998年北京,97~98页。

研磨加工变得困难(矾土石主要成分为氧化铝)。他们根据经验,对国产钴土矿采取了一系列富集挑选等加工手段。明宋应星在《天工开物》中就写道:“凡画碗青料,总一味无名异(漆匠煎油,亦用以收火色)。此物不生深土,浮生地面,深者掘下三尺即止,各省皆有之。亦辨认上料、中料、下料。用时先将炭火丛红煨过。上者出火成翠毛色,中者微青,下者近土褐。上者每斤煨出只得七两,中下者以次缩减。如上品细料及御器龙凤等,皆以上料画成……凡饶镇所用,以衡、信两郡山中者为上料,名曰浙料,上高诸邑者为中,丰城诸处者为下也。凡使料煨过之后,以乳钵极研,然后调画水。调研时色如皂,入火则成青碧色。”朱琰在其《陶说》中写的更为详细:“其八曰采取青料:瓷器、青花、霁青、大釉,悉借青料,出浙江绍兴、金华两府所属诸山。采者入山得料,于溪流漂去浮土。其色黑黄、大而圆者为上青,名顶圈子。携至镇,埋窑地三日,取出重淘洗之,始出售。其江西、广东诸山产者,色薄不耐火,只可画粗器……白地青花,亦资青料。明宣德用苏泥勃青,嘉靖用回青。青非不佳,然产地太远,可得而不可继。”又说:“其九曰拣选青料:青料精选,有料户专司其事。黑绿润泽,光色全者为上选。仿古霁青、青花细器用之;呈黑绿而欠润泽者,只供粗瓷;至于光色全无者,一切选弃。……按明用回青,法先敲青,用捶碎之,拣有朱砂斑者为上,有银星者为次,约可得十分之二。其奇零琐碎,碾之入水澄定,约可得二十分之一,所得亦甚少。选料不精,出器减色,故必属之料户专司。”对钴土矿的淘洗、煨烧、拣选、磨细等加工,实际上是提高了青料中氧化钴的含量,部分地剔除了铁、锰氧化物的成分。色料的磨细程度不仅影响画工,就对显色来说也很重要,色料愈细,更能使颜色均匀调和;若色料中有过粗颗粒,在烧成中就可能出现黑斑。^①

① 赵匡华等:《中国科学技术史·化学卷》,科学出版社,1998年北京,98~100页。

清·蓝浦等《景德镇陶录》卷四中指出：

用青之法，先定花样画坯上，然后罩上釉水，（釉水）干，入窑烧，陶成遂现青翠色。^①

就是指用钴料在瓷器（一般是白瓷）胎上按样稿绘画，然后罩上一层透明釉，在 1300℃ 左右高温中烧成。所以青花瓷是属于一种釉下彩瓷器。

明清时期景德镇烧制青花瓷的发展过程，从某一方面看可以说是对于青花瓷的着色剂——钴料的认识及使用的过程。赵匡华等指出：

正是在逐步认识、掌握青料的采集、加工的实践中，明代青花瓷的发展经历了上述的曲折历程。到了清代康熙、雍正、乾隆时期，景德镇的御器厂仍主要采用浙江产的青料，烧出的青花瓷达到了纯蓝色，不再泛紫色，并有深浅层次分明的青花色调，即取得了比明代更高的工艺水平。清代康熙年间的青花瓷浓淡一致、层次分明，则是由于在着釉技术上有了改进。明代青花瓷的浓淡层次，是瓷工用小毛笔在涂抹青料时，利用笔触青料的多寡来掌握；而清代的瓷工则已能熟练地运用浓淡不同的青料，调染出深浅有别的蓝色色阶。^②

4. 景德镇青花瓷的外销及制作技术的外传

(1) 明清时期，我国对外贸易中瓷器是其中的大宗商品之

① 清·蓝浦等：《景德镇陶录》，卷四，上海古籍出版社编：《生活与博物丛书·器物珍玩编》，1993年，120页。

② 赵匡华等：《中国科学技术史·化学卷》，科学出版社，1998年北京，100页。

一,在这些对外出口的瓷器中,景德镇生产的青花瓷占据着重要的地位。

薛翹等指出:

据《瓷器与荷兰东印度公司》一书记载,仅1635年8月13日至31日就有四艘荷兰船装载中国瓷器从台湾运往日本。其中青花瓷三万八千八百六十五件,红绿彩盘五百四十一件,青花盘二千零五十件,饭盅、茶盅九万四千三百九十一件。T·沃尔克统计,从明万历三十年(1602年)至清康熙二十一年(1682年)80年中,至少有一千六百万件中国瓷器被荷兰商船运载到了世界各地。^①

这些瓷器大部分应是景德镇的产品,特别是青花瓷。

(2)被日本人称之为“芙蓉手”的一些青花瓷器,如四吉祥向日葵博古牡丹纹青花瓷盘、四吉祥向日葵花卉翎毛纹青花瓷盘、四吉祥向日葵荷花水禽青花瓷盘等,在南洋群岛、新加坡等地可以经常见到。薛翹等指出:

这类青花瓷盘“乃是明代万历年间景德镇民窑按照西洋人的需要特意设计、烧造的外销器,它由荷兰东印度公司输到了欧洲及南洋各地。”^②

(3)1980年在江西宁都东山坝乡出土的如意头变体寿字纹青花瓷盘,“青花呈色深蓝,部分发黑。从制作工艺及青花呈色分析,当为景德镇窑明代中晚期作品。该盘装饰手法具有明显

^{①②} 薛翹等:《从赣南出土文物看明清之际景德镇瓷器外销路线的变迁》,载《南方文物》,1993年第3期。

的伊斯兰风格,且同类产品 1958~1965 年间曾在非洲坦桑尼亚基尔瓦岛的马库丹尼遗址出土。该岛为十世纪后,在东非海岸相继兴起的伊斯兰重要城邦之一,公元 1505 年曾被西班牙人占领,1700 年左右又被阿曼人控制。据此,这类产品有可能是明代中晚期景德镇窑专门为伊斯兰国家生产的,并由西班牙商人带入了该地。”^①

(4)“明正德六年(1511 年)春,日本伊势国西郡大口村的陶瓷艺术家伊藤五郎太夫来到浮梁县学习烧制瓷器的技术。两年后学成回国,在肥前伊万里开创伊万里窑;又在鹿背山开窑,传播青花烧制法。其作品造型稳定,色泽艳丽,描绘手法浓淡得宜,风格雅致,并铭刻‘吴祥瑞’、‘五郎太夫吴祥瑞’款识。无论从造型、纹样、釉色等明显受到明青花的影响,明代伊万里窑使日本烧造成了真正一千度以上的高温瓷器,是日本陶瓷史上的一次大飞跃。”^②可见,日本烧造青花瓷的技术是从景德镇学习来的。

(5)伊朗在 16 世纪,请中国技师在伯罕烧制青花瓷,此后这种技术再西传至叙利亚、土耳其、伊拉克等国。

埃及在 14、15 世纪也掀起了仿造中国青花瓷的热潮。

1470 年左右(相当于明代成化年间),威尼斯人安东尼奥学会了烧制中国青花瓷,后又传到荷兰及西欧等地。

这些外国人所学习的青花瓷烧造技术,绝大多数都应该是来自景德镇。

第十一节 宣纸、徽墨、歙砚与湖笔

我们中国人将笔、墨、纸、砚称之为“文房四宝”,这可以说是

① 薛翹等:《从赣南出土文物看明清之际景德镇瓷器外销路线的变迁》,载《南方文物》,1993 年第 3 期。

② 张文江:《中国古陶瓷对日本的影响》,载《南方文物》,1995 年第 3 期。

家喻户晓,人人都知道的。然而“文房四宝”的形成有一个历史的过程。这是因为,“文房四宝”之一的纸的出现时间比较晚,不会超过西汉早期,而真正作为书写用纸并得到广泛使用则是东汉之后的事了。湖南长沙走马楼出土的数万根三国时期的吴国竹简,就表明直到东汉末年,作为书写用纸,使用的还较少。因此,将笔、墨、纸、砚称之为“文房四宝”应该是南北朝时期或更晚时的事了。明清时期,在人们经常使用的“文房四宝”中,宣纸、徽墨、歙砚与湖笔是其中的佼佼者。

一 宣纸

宣纸,因产于宣州府(今安徽泾县)而得名。它起于唐代,历代相沿。穆孝天先生认为:

唐代张彦远的《历代名画记》中“好事家宜置宣纸百幅,用法蜡之,以备摹写”的记载,也证明当时已有宣纸,并已颇为流行。^①

潘吉星先生指出:

宣纸的制造历史相当长,主要产于安徽省芜湖地区的泾县。过去纸坊多集中于泾县的枫坑、大岭、小岭、曹溪、泥坑等地,操此业者多为曹姓、翟姓。泾县在唐代属于宣州府,府下尚辖宁国、宣城、太平等县。早在唐代,宣州府就以产纸出名,是向统治者上贡的物品。《新唐书·地理志》载宣州土贡品中就有纸。“宣纸”一名可能就导源于此。泾县宣纸据《曹氏宗谱》

^① 穆孝天:《中华民族的艺术瑰宝》,见安徽省博物馆编:《安徽省博物馆四十年论文选集》,合肥,黄山书社,1996年,239~245页。

所载,大约始于宋末元初(13世纪70年代),有名为曹大三的,从宣城西的南陵南迁到泾县西乡小岭,见遍山盛产青檀,并有洁净的泉水四季长流,就在此地以造纸为业,世代相传。^①

自唐以来,在历代工匠们的不断努力下,宣纸的质量有了长足的进步。到了明清时期,在我国传统的书画用纸中,宣纸占有举足轻重的地位。这是因为宣纸质地绵韧,纹理美观,洁白细密,墨韵层次清晰,经久不坏。特别是善于表现笔墨的浓淡润湿,变化无穷,能使画面别开生趣。因此,宣纸十分受到书画家及文人墨客们的喜爱。在古代诗人的笔下,宣纸被喻为“莹润如玉”、“冰翼凝霜”、“滑如春冰密如茧”等,人们称赞它是“纸中之王”,“纸寿千年”。潘吉星先生指出:

宣纸,经元代至明清,愈来愈发展。有明一代,泾县宣纸已成为文人墨客的谈论对象。如明代的书画家文震亨(文徵明之子)在《长物志》卷七论纸时指出:“泾县连四最佳。”……明末人方以智在《物理小识》中也说:“今则棉纸推兴国、泾县。”古时所谓“棉纸”或“绵纸”,其实就是皮纸,则方以智所指,当为泾县皮纸无疑。^②

据吴山先生主编的《中国工艺美术大辞典》一书记载:

宣纸的品种计有六十多种,根据配料的不同,可以分为三大类:特净类、棉料类和净皮类。每一类又按尺码不同,分为四尺、五尺、六尺,还有八尺、丈匹、丈二、丈六的特大幅。还有单宣、单夹宣、双夹宣、三层夹宣等。以上又称“生宣”。

①② 潘吉星:《中国造纸技术史稿》,文物出版社,1979年,119~120页。

生宣纸经上矾、涂色、洒金、印花、涂蜡、洒云母等,就制成了“熟宣”,又叫“素宣”、“矾宣”、“加工宣”。其特点是不洇水,宜于绘制工笔画,能经得住层层皴染,墨和色不会洒散开来。它的缺点是,久藏会出现“漏矾”或脆裂,不适宜作水墨随意画。^①

从生产技术上看,宣纸的一个显著特点是其所用的原料,制造宣纸的主要原料是安徽泾县小岭一带出产的青檀,最好生于山石崎岖倾仄之间者,“方为佳料”。青檀,榆科,一种多年生的落叶乔木,喜光,耐干旱瘠薄,通常生长于石灰岩山地,木材坚硬,结构细密,其树皮中富含的纤维当然也较细密。同时,青檀的砍伐一般在冬天进行,此时青檀早已生长成熟,树皮中的纤维素不仅含量丰富而且细密,有利于宣纸的生产。现代化学分析结果表明:与制造皮纸常用的楮树皮相比较,青檀树皮中纤维素的含量要高于楮树皮,而青檀树皮中木素和果胶等对造纸有害的物质的含量却又比楮树皮少。^② 宣纸为什么质量比较好,原料的选用是重要的原因之一。

单就原料来说,宣纸所用的原料还有一个特点,这就是:除青檀树皮外往往还要加入一些楮树皮,有时因原料来源不足或降低成本等原因还会加入一些稻草。潘吉星先生指出:

泾县皮纸的主要原料虽是当地产的青檀,但造纸时往往还要掺进一些楮皮或稻草,以改善纸的质量或降低成本。……从纸的使用和保存的历史角度看,含有混合纸料的纸,往往能集中各种植物纤维原料之所长,克服用单一原料之所短。从这个

① 吴山主编:《中国工艺美术大辞典》,南京,江苏美术出版社,1988年,801页。

② 潘吉星:《中国造纸技术史稿》,北京,文物出版社,1979年,12页。

意义上看,泾县纸总结了这一历史经验,而且还在继续发扬光大。^①

既然制造宣纸的主要原料是青檀,所以宣纸也是属于树皮纸类的一种,其制造工艺也与楮皮纸、桑皮纸等一样。胡韞玉《纸说》对于泾县纸的制造作了下列记载:

宣城、宁国、泾县、太平,皆能造纸,故名宣纸。而泾县所制尤工。今则宣纸惟产于泾县,故又名泾县纸。……泾县产纸之区,惟枫坑及大、小岭与曹溪之泥坑。业纸之工曹、翟二姓为多。……纸之制造,首在于料。料用楮皮或檀皮,必生于山石崎岖倾仄之间者,方为佳料。冬腊之际,居人斫其树之四枝。断而蒸之,脱其皮,漂于溪水,和以石灰,自十余日至二十余日不等。皮质溶解,取出以碓舂之。碓激以水,其轮自转,人伺其旁。俟其融,再漂再舂,凡三四次,去渣存液。取扬枝(应作桃)藤汁冲之,入槽搅匀。用细竹帘二人共舁捞之,一捞单层,再捞双层,三捞三层,叠至丈许而榨之,榨干,粘于火埴,随熨随揭,承之风日之处而纸成矣。^②

宣纸之所以能在我国书画用纸中独占鳌头,也和制造宣纸所用的水有关。宣纸产于皖南,皖南地区,山清水秀。泾县一带,地处新安江的上游,关于这里的纸和水,潘吉星先生引元代人傅若金《送奎章阁广成局副杨元成奉旨之徽州熟熟纸》中的诗句云:“新安江水清见底,水边作纸明于水。”^③因为造纸过程中的沤制、蒸煮、洗涤、打浆和捞纸等都是在水中进行的,水中的杂

① 潘吉星:《中国造纸技术史稿》,北京,文物出版社,1979年,120页。

② 转引自潘吉星:《中国造纸技术史稿》,北京,文物出版社,1979年,120-121页。

③ 转引自潘吉星:《中国造纸技术史稿》,北京,文物出版社,1979年,212页。

质,如悬浮物、胶体物和可溶物等数量较多时,都会对所造纸的质量产生影响。古代的造纸工匠们虽然对水中的杂质无法作出系统的分析,但长期的生产实践,使他们在造纸用水方面积累了丰富的经验。明清时期,泾县一带的宣纸厂大都建在靠近清水的河流岸边或有山间清泉之处,道理也正在于此。

二 徽墨

墨在我国出现的时间很早。因为考古发现的多批战国时期(包括战国早期)的竹简上的文字都是用毛笔和墨写成的,所以墨在我国出现的时间最迟应是在春秋时期或更早。目前,考古发现的我国最早的墨锭是在楚墓中出土的。1982年,在湖北江陵九店砖瓦厂56号战国时期的楚墓中出土了一块墨锭,这是迄今为止所发现的唯一的一块战国时期的墨锭。墨锭出土时放在小墨盒内,墨盒与削刀、细木棍(可能是毛笔的笔杆)一起被卷在竹简的中间。这是近几十年来所发掘的几千座楚墓中同时有笔、墨、竹简与削刀(即战国时期楚国的“文房四宝”)出土的唯一实例。墨锭外形呈蒜头状,表面粗糙,说明它是用手捏制成型而不是模压成型的。墨锭的下部有研磨后留下的痕迹,表明墨锭是实用品,56号楚墓中出土的竹简上的文字就是用该墨锭磨出的墨汁书写的。

墨的使用,在其出现之后就一直没有间断过并不断发展,然而“直到晋代,才把‘墨’字引申为书画用墨。我国书画用墨的主要产地,汉代在陕西的扶风、俞糜,唐代在山西的绛州、上党。唐末移至歙州,主要在歙县,延续至今,故歙县一直享有‘墨乡’、‘墨都’之称。因歙州易名徽州,‘徽墨’由此而得名。徽墨之所以历久不衰,主要是歙县具备异常优越的制墨条件:一、歙县为历代州、郡、府治,是徽州政治、经济、文化中心,文风昌盛。二、黄山山脉盛产透脂松(黄山松),用以炼烟,举世无匹。三、歙县

的水好。曹素功《墨林》载：“黄山有曹、阮二溪，仙迹也，合为丰水，流百里而至岩镇……发翰墨之香，吸以好胶，足以易水。”四、国内最有名的墨工奚（李）超父子因避乱南渡来歙，留居造墨；制墨高手张遇的儿子张谷也从易水迁来歙州，与其子张处厚一起在黄山起灶制墨。五、徽商遍于全国，为徽墨的流通创造了极为优越的条件。”^①

周德钊先生指出：

徽墨，自唐末易水名工奚超南迁歙州，留居造墨至今，已有一千多年的历史。……

历史上第一个名见经传的墨工，据宋晁说《墨经》云：“古人用墨多自是，故匠氏不显。唐之匠氏，惟闻祖敏。”继祖敏之后，易水有名工王君德、奚黻、奚鼎。奚黻的孙子就是大名鼎鼎的第一位徽墨大师奚廷珪。

奚廷珪“唐季渡江至歙，以邑多松，留居造墨，南唐李后主因赐姓李。”李氏父子南渡，歙州制墨技艺渐居全国之冠，李廷珪也当了墨务官。李氏一家所制的墨统称“李墨”……南唐国破，宫中的李墨为宋室所得。……到了宣和年间，已形成“黄金易得，李墨难求”的局面。……

元代制墨业衰败，徽墨工匠散迁各地，高手不多。……

明代，因徽州经济、文化繁荣，徽墨业大兴，出现了四大名家。墨家罗小华总结了前人用桐油烟制墨的经验，并把它提高到一个新的高度。他的墨“坚如石、纹如犀、墨如漆、一搥值万钱”……以致连宗朱翊均也命内侍以重资争购。程君房，万历年间歙县岩寺人，他博取众长，大胆革新，对徽墨制作有划时代的贡献。他首创的超漆烟墨，其技法至今犹为名家墨厂采用。……

① 周德钊：《徽墨丛谈》，载《中国文物报》，2000年2月20～27日。

清代四大墨家为胡开文、曹素功、汪近圣、汪节庵。^①

现今，一提到徽墨，无人不知胡开文。据杨海涛先生在《胡墨鉴赏》一文中介绍：

胡开文，原名胡正，安徽绩溪人。清乾隆四十七（1782年），接替岳父汪启茂号的老店经营墨业，取南京贡院内悬挂的“天开文运”的匾额中的“开文”二字作为店号，创设“起首胡开文老店”。……

早在胡开文创业之前，他就曾经营过“采章墨店”，积累了大量的制墨之道和经营经验。……

当时，在徽州府辖地内经营制墨且声誉卓著者有十数家，他们制墨的时间虽有先后，经营的范围和方式或有不同，有的只是“文人自怡”的墨家，但他们均是高手，且有着很大影响。胡开文能迅速崛起，终成大家，得益于他高超的技艺。

胡开文墨创名以来，在造墨原料及配方上极为讲究，墨中加入了麝香、梅片、冰片、珍珠粉等名贵配料，使成品墨墨香四溢，贮存时间延长，渗染能力增强。成为“拈来轻、嗅来馨、磨来清”的名墨。一时间声名鹊起，被誉为“中国的墨柱”。^②

墨，本来是用于写字、作画的，这就是墨的实用性。“宋代徽墨名工戴彦衡在宫廷里制作复古贡御墨，墨模为大画家米友仁所绘。这是中国书画艺术和制模艺术融为一体的开端。”^③也为工艺品墨的发展奠定了基础。

周德钿先生指出：

① 周德钿：《徽墨丛谈》，载《中国文物报》，2000年2月20～27日。

② 杨海涛：《胡墨鉴赏》，载《东南文化》，2000年第2期。

③ 周德钿：《徽墨丛谈》，载《中国文物报》，2000年2月20～27日。

徽墨从形制上可分为两大类,即零锭墨和集锦墨。从用途上也可分两大类,即陈列墨和实用墨。从用料质地上,则可分为松烟墨、油烟墨、炭黑墨、再和墨、朱红墨、五彩墨等。鉴别墨的方法,一是看外观,二是磨墨辨色。……试磨辨墨,一看墨色,二看下墨。墨汁的颜色以紫光为上,黑光次之,青光又次之,白光为下。好墨研时细润无声,下墨慢;差墨研时声音粗糙,下墨快。所谓“善墨研时如研犀,恶墨研之如研泥”也。^①

“集锦墨”、“陈列墨”,都是属于工艺品墨。明清时期,随着制墨业的发展,墨也由实用品向着工艺品方向发展;收藏墨、鉴赏墨已成为封建士大夫们的一大爱好。杨海涛先生指出:

清代收藏墨锭已成为当时文人墨客的一大嗜好和雅事,出现了诸如《漫堂墨品》等一大批藏墨书作,盛况空前,助长了制墨业朝着工艺美术方面发展,胡墨也不例外。如胡开文仿古墨,墨质坚润如玉,黝黑光洁,正面刻绘人物景物,线条纤细,刻绘传神,背面刻绘诗句,古意盎然。墨上涂饰以金,也是胡墨的一大特色。如“宝贵长寿”墨锭,正面用金粉涂饰牡丹文石图,背面刻绘不同字体的寿字。由于胡墨墨质优异,工艺精绝而为清廷青睐,成名以来就被指定为贡墨制造商号。胡墨中镌有“苍佩室”者,是以胡家老法制造的,工艺精湛,配方讲究,多做为贡墨。……

清嘉庆十四年(1809年)开始,胡开文墨店由胡开文长子胡恒德、次子胡余德各立门户,分店而治,以后规模日益扩大。太平天国运动以后,包括曹素功、二汪在内的墨家处境艰难,而

^① 周德钿:《徽墨丛谈》,载《中国文物报》,2000年2月20~27日。



胡墨却因子弟众多,独呈繁荣,同治光绪年间,胡开文墨店已在上海、广州、武昌等十多个城市开设墨店,所制墨品达60多种,行销全国广大地区,胡墨也因此蜚声海内外。……

1915年,胡开文的“地球墨”由中国农商部推荐,在巴拿马博览会上获得了“金质奖章”和南京南洋劝业会的“优等奖状”。在中国墨史上留下了辉煌的一页。这块墨锭为圆形,漱金,正反两面图案系阳刻东、西半球图。令人叹为观止的是,由于墨模艺人的匠心独具和高超工艺,改使平面上的地球图形具有极强的球面透视性,而且墨上不仅刻绘了四大洲五大洋的名称,还包括了地球仪上的一切需要的标识。要做到这点,在墨模雕刻上是很难的。像胡开文这样拥有著名墨模雕刻家王绥之、胡益廷的墨家才能办到。……

1935年前后,胡墨已成为徽墨的代称。当时的《中国经济志》曾记载了各地墨店皆标榜自己为“徽州胡开文”的盛况。^①

明清时期,徽墨的制作工艺依时代不同及各个墨家的不同而互有差别,胡开文墨的制作工艺也是如此。然而,由于制墨的主要原料是烟炱和胶,就使得在制墨的主要工艺方面各墨家基本上又是相似的。张伟等在《古墨的制作工艺及保存问题的探讨》^②一文中有如下的论述:

墨的主要原料是烟灰和胶质,为了改善耐久性、渗透性、色泽、香味、防腐、防蛀等功效,还配和珍贵天然药材等添加物。烟灰是制墨的黑色颜料,最早使用的多为松烟,即在窑中点燃松树枝,燃烧后黑烟灰吸附在窑壁上获得松烟;从宋代开始,采

① 杨海涛:《胡墨鉴赏》,载《东南文化》,2000年第2期。

② 张伟等:《古墨的制作工艺及保存问题的探讨》,载《文物保护与考古科学》1995年第7卷1期。

用松烟和油烟制墨的两种方法,油烟系用植物或动物油料在密闭烟房内燃点油灯,灯上罩盖瓷碗吸附黑烟灰而获得油烟。墨的制作过程一般由烟灰与炖烱的胶料拌成墨坯,再往墨坯中加入多种添加物后捶打,接着在墨模内压成墨锭,自然阴干翻凉,最后描金绘色。传统制墨的一条重要经验是“轻胶万杵”,即捶打次数越多,墨的质量越佳。

……牛皮胶含有胶原蛋白,分子链由近千个氨基酸分子组成,各分子链之间以共价键交联成大分子网状结构。从墨具有像石头般的硬度特性看来,这是犹如增强填充料的油烟均匀分散于牛皮胶交联结构之中的缘故。这和羟基磷灰石晶体 $[Ca_{10}(PO_4)_6OH]$ 在胶原蛋白的纤维上沉积形成骨头的过程很相像。

“古时制墨有‘轻胶十万杵’的夸张说法”。“随着捶打次数的不断增加,墨坯中牛皮胶逐渐由大变小,由粗变细,最后形成纤维状分布。”“随着捶打次数的不断增加,油烟粒子逐渐从表面包裹转向胶体内分散,最后填充在胶的交联网络内,使得牛皮胶和油烟两相分布都十分均匀。”^①

捶打的次数越多,对墨的保护越有利。实验证明,捶打次数多的墨锭,其吸湿性小于捶打次数少的墨锭。扫描电子显微术(SEM)拍摄的照片表明,清代墨中呈网络状的牛皮胶纤维十分清晰,烟灰粒子在胶原蛋白纤维上的分布仍十分均匀完好。“明代古人已经采用漆膜涂覆于墨的表面,以有效阻止外界环境的侵袭,使墨锭得到长久的贮存。”^②

三 歙砚

歙砚是我国著名的四大名砚(歙砚、端砚、洮河砚、澄泥砚)

①② 张炜等:《古墨的制作工艺及保存问题的探讨》,载《文物保护与考古科学》,1995年第7卷1期。



之一,最早是产于现今的江西省婺源县的龙尾山,又称之为龙尾砚。因为在唐代及五代时,歙州管辖歙、休宁、祁门、黟、婺源、绩溪诸县,婺源曾是歙州管辖地之一,所以称之为歙砚。

歙砚,早在唐代就已经出现。据鲍泰山先生在《歙砚的使用与欣赏》一文中介绍,据宋代洪景伯所著《歙砚谱》记载,唐开元中,有猎人叶氏逐兽至婺源长城里,见垒石如城,莹洁可爱,归制成砚,其温润大过端溪,自是歙砚一举闻天下。该文还指出:

“就中国四大名砚而言,在历史上歙砚的发掘、开采和使用为最早。”“南唐时期,歙砚深受宠遇,元宗李璟精意翰墨,雅爱文房,便在歙州府设置砚务,精选砚工高手李少微为砚务官,为御府造砚,所以李后主所用的澄心堂纸、李廷珪墨、龙尾砚为天下之冠。这是历史上歙砚辉煌的一页。”^①

至于歙砚的特点,宋·洪适《歙砚说》中记载:

龙尾石多产于水中,故极温润。性本坚密,叩之其声清越,宛若玉振,与他石不同。色多苍黑,亦有青碧者。……大抵石顽则光滑而磨墨不快,石粗则粘墨而渗渍难涤。……粗罗纹细者易为磨墨,细罗纹稍坚者最能发墨。或者以易磨墨为发墨,非也。唯蔡君谟论得其要。墨在砚中随笔旋转,涤之泮然尽去,此乃石性坚润,能发起不滞于砚耳。^②

粗罗纹、细罗纹都是歙砚中的品种之一。鲍泰山先生也指出:

一般说来,凡石坚者必不嫩,润者必多滑,唯歙砚则嫩而

① 鲍泰山:《歙砚的使用与欣赏》,载《中国文房四宝》,1989年3~4期合刊。

② 转引自上海古籍出版社编:《生活与博物丛书·器物珍玩编》,1993年,238页。

坚，润而不滑，扣之有声，抚之若肤，磨之如锋，兼以致理灿烂，色拟碧天，虽有积久，涤之略无墨渍。^①

可见，歙砚的石质中矿物颗粒的结构比较致密，同时矿物颗粒的粗细程度、硬度及相互之间的间隙都比较均匀、适中。这就是歙砚的主要特点，也是歙砚“温润”、“发墨”的根本所在。

歙砚还有一个特点，就是品种多，纹理多，这是任何石砚都不能与其相比。……休宁流口一带山脉与婺源龙尾山脉相连，绵连百里，所产之砚也自称为龙尾石。歙县岔口区周家村产银丝砚，石色青碧，质地细腻，特别是布满银丝纹者，湿润如玉，呵气成水，精致非常。歙县溪头区大谷运附近产溪头石、谷运石，其质地、色气均与婺源石无异，其品种有金星、金晕、眉子、罗纹等，可与婺源相媲美。^②

金星石为歙砚的象征，其品种就有十多种；其他如眉子石、罗纹石等，其品种都有十多种、甚至几十种之多。

明清时期，歙砚中的精品已经列入收藏的行列。收藏、欣赏，使得歙砚的文物价值大大地提高了。

四 湖笔

湖笔，是指浙江湖州（今天的吴兴）出产的毛笔。

对于毛笔，在我国民间有“蒙恬造笔”的传说；蒙恬，是秦始皇手下的大将，在秦国统一六国的战争中曾有过赫赫的战功。据此传说，我国的毛笔最早是出现在秦代。实际上毛笔在我国出现的时间很早，从目前考古发现的实物来看，战国时期的毛笔

①② 鲍泰山：《歙砚的使用与欣赏》，载《中国文房四宝》，1989年3~4期合刊。

已经有多枝出土。如：

1954年在湖南长沙左家公山战国时期的楚墓中出土了一套书写工具：毛笔、竹片、青铜削刀、小竹筒（用来盛墨的墨盒，但未发现墨）。毛笔套在一竹管内，笔杆长18.5厘米、直径0.4厘米，毛长2.5厘米。这支毛笔出土后曾请制笔的老技工们反复地察看，据他们观察，笔毛是用上好的兔箭毛制成的。有趣的是，这支毛笔的笔毛不是像现今的毛笔那样，将笔毛插在笔杆一端的圆孔内，而是将笔毛均匀地围在笔杆一端的外面，用丝线缠紧固定，丝线外表再行髹漆。

1957年在河南信阳战国中期（偏早）的楚墓中出土了一个工具箱，内有毛笔、削刀及制竹筒用的青铜工具等。毛笔放在一小竹管内，全长23.4厘米、毛长2.5厘米、笔杆直径0.9厘米，笔毛也是用细线缠在笔杆的一端外面，与长沙左家公山出土的毛笔一样。

1987年发掘的湖北包山2号楚墓，墓主是楚怀王时的左尹邵佗，其下葬年代为公元前316年。该墓出土的毛笔也是放在一个小竹筒内，毛笔全长22.3厘米，笔毛长3.5厘米。笔毛的尖锋仍在，其上端先用丝线捆扎，然后插入笔杆一端的銎眼内，与现代的毛笔一样。

以上介绍的几枝毛笔都是在楚墓中出土的，时代最早的是河南信阳台关楚墓出土的毛笔，为公元前4世纪前叶的遗物，也是我国目前考古发现的最早的一支毛笔。这几支毛笔出土时都是置于笔筒之内，可见当时毛笔的珍贵及人们对毛笔的爱护程度；毛笔前端笔毛的两种固定方法的发现，表明楚国毛笔制作技术已经达到了一定的水平，也表明楚国开始制造和使用毛笔的时间应该更早。实际上，在出土的楚国春秋时期的漆器彩绘图案中，已经有了用毛笔描绘的线条。据此推测，我国毛笔出现的时间应在春秋时期，距今至少有2500年以上的历史了，比“蒙

恬造笔”要早几百年。

据清·梁同书《笔史》中记载,三国时魏国人韦诞的《笔经》是我国早期的制笔专著,书中记载了毛笔的制法:“制笔之法,桀者在前,毳者在后,强者为刃,软者为辅……。”^①因为当时纸张出现的时间还不久,书写载体主要还是竹简、木牍和丝帛,故这种毛笔是与之相适应的。

石谷风先生指出:

到了晋唐时期,毛笔转为书写在纸张上,毛笔的制法也随之改进。……这种以硬毫为柱,柔毫为被的柱心笔,称为唐代短锋笋式笔。……到了北宋初期,制笔又有改进,产生了一种有柱心锋长稍柔的毛笔。北宋崇宁以后,无心散卓笔兴起,制笔之法,不用柱毫,而用一至二种兽毛散立扎成,这种散卓法一直流行至今。^②

元代,浙江湖笔兴起,到了明清时期,湖州成了我国有名的制笔中心。清·梁同书《笔史》中引“仇远《金渊集·赠溧水杨老》诗:“浙间笔工麻粟多,精艺惟数冯应科,吴升姚恺已难得,陆震杨鼎相肩摩。中山博士子墨卿,贻书荐至杨茂林。”^③冯应科、吴升、姚恺、陆震、杨鼎等都是当时制笔的名家。《嘉庆一统志·湖州府土产》引《湖州府旧志》:“元时冯应科、陆文宝善制笔,其乡习而精之,故湖笔名于世。”甚至把冯应科的笔和赵子昂的字、钱舜举的画,并称为“吴兴三绝”。元代名笔工张进中的笔,更被

① 转引自上海古籍出版社编:《生活与博物丛书·器物珍玩编》,1993年,163页。

② 石谷风:《合肥宋墓出土的笔、墨、砚鉴赏》,《安徽省博物馆四十年论文选集》,合肥,黄山书社1996年,178~179页。

③ 转引自上海古籍出版社编:《生活与博物丛书·器物珍玩编》,1993年,169页。

文人名士介绍到禁中去,为帝王所重视。^①

制作毛笔的主要原料是兽毛。明清时期湖州毛笔有名的原因之一,就是当地出产适宜于制笔的羊毛。我们知道,毛笔,又因所用兽毛的不同分为狼毫(黄鼠狼的毛)、羊毫(羊毛)、兔毫(兔毛)、紫毫(紫色的兔毛)、兼毫(二种以上的兽毛)等等。据《中国工艺美术大辞典》一书介绍,湖州一带所出产的山羊毛质地优良,具有很好的锋颖。所谓锋颖是指羊毛前端有段透亮的毫尖,它具有使笔锋尖锐、修削整齐、丰硕圆润、劲健有力的特点。因此用这种山羊毛精心制作出的毛笔,在书写时才能得心应手,挥洒如意。湖笔的故乡在浙江吴兴的善琚,在其方圆十几里内,家家都从事湖笔的生产;再加之做工精细、造型优美、装饰典雅,遂使湖笔名满中外。湖笔现已发展成羊毫、狼毫、紫毫、兼毫几大类,数百个品种。1983年邓颖超同志访问日本,曾经携带数百套湖笔作为国家级的礼品赠送日本友人。^②

^{①②} 转引自吴山主编:《中国工艺美术大辞典》,南京,江苏美术出版社,1988年,816页。

第六章

近代科学技术的兴起

第一节 江南制造局的创立

一 江南制造局创立的经过

清朝末年,帝国主义的坚船利炮不仅打开了封闭的大清帝国的大门,而且还逼迫清王朝割地赔款。一系列的深刻教训使得当时的统治者对近代科学技术及其创造的近代兵器的认识大大提高,认为中国要富强就要向西方学习,特别是学习西方的近代科学技术,如洋务运动的首领人物之一的李鸿章就认为:

鸿章以为中国欲自强,则莫如学习外国之利器。欲学习外国利器,则莫如觅制器之器,师其法而不必尽用其人。欲觅制器之器与制器之人,则或专设一科取士,士终身悬以为富贵功名之鹄,则业可成,艺可精,而才亦可集。^①

为了得到西方的“利器”,洋务派倡导的一些官办工厂先后

^① 转引自夏东元:《洋务运动史》,上海,华东师范大学出版社,1992年,76页。

成立,曾国藩在安庆创办的“安庆内军械所”就是较早的一个。后来,李鸿章也在苏州等地开办工厂,如“苏州洋炮局”等,生产早期的火炮等军用产品。关于江南制造局的创办,夏东元先生在《洋务运动史》一书中有详细的论述,现摘录如下:

上海、苏州两洋炮局是安庆内军械所过渡到江南制造局的关键阶段,而江南制造局的创办,则是李鸿章“觅制器之器”思想的实践和运用。

江南制造局由下面三部分机器设备所组成:一是容闳在美国购买的“制造机器之机器”;二是丁日昌在上海虹口地方购买的旗记铁厂;三是苏州洋炮局丁日昌、韩殿甲所管辖的两局(两个车间)……。

容闳(1828~1912年),原名光照,字达萌,号纯甫,广东香山(今中山市)人。出身于贫苦家庭。……学习期间,容氏即立下“借西方文明之学术,以改良东方之文化,必可使此老大帝国一变而为少年新中国”的决心。1855年容闳怀着强盛祖国的满腔热情,毅然从美回国。回国后,多次更换职业……这个过程中,正是太平天国革命蓬勃发展和英法联军入侵时期。容闳愤清朝腐败无能,而去天京向洪仁玕作过模仿资本主义进行改革的建议,无成。转而把希望寄托于正在安庆招募人才兴办工业的曾国藩。1863年,容闳在安庆面向曾氏说:“中国今日欲建设机器厂,必以先立普通基础为主,不宜专以供特别之应用。所谓立普通基础者,无他,即由此厂可造出种种分厂,更由分厂以专造各种特别之机械。简言之,即此厂当有制造机器之机器,以立一切制造厂之基础也。”可见容闳虽与李鸿章的“觅制器之器”同调,但容氏特别强调“立普通基础”之工厂,因为有了这个基础后,可以造枪炮弹药,可以造轮船,更可以造各种机械,这比曾、李等人强调“特别之应用”的军火生产要高一筹。容闳的主张得到曾国藩的赞同,拨款68000两,派容闳赴美购买先进的

机器设备。容氏于1863年10月出发,经英国伦敦于1864年春抵美。经多方洽谈,终于与朴得南公司订约,由该公司按“制造机器之机器”标准承造,于1865年运抵上海。

就在曾国藩派容闳到美国订购“制器之器”的同时,李鸿章正在为苏州炮局“所购机器未齐”以致未能制造轮船长炸炮等物而发愁,委派人员到上海觅购机器。……他认为托洋商回国代购,“路远价重,即无把握,若请派弁兵径赴外国机器厂讲求学习”,也不一定能马上奏效。所以他说:“不若于就近海口,访有洋人出售铁厂机器,确实查验,议价定买,可以立时兴造,进退之权即得自操,尺寸之功均获实际。”于是飭派当时升任上海海关道的丁日昌觅购,丁氏终于找到了设在虹口的美商旗记铁工厂。该厂为洋人在上海较大的一座机器厂,设备也比较先进齐全。李鸿章说:“此项外国铁厂机器,觅购甚难,机会尤不可失”,飭丁氏迅速定议。丁日昌联络了历游外国多年、熟悉洋匠、因案革究而赎罪心切的海关通事唐国华,与同案的已革扞手张灿、秦吉等人,集资40000两,买下了旗记铁厂。另有其他物件如铜、铁、木料等作价20000两。故实际是花了60000两银子。……丁日昌所买的这座铁厂,机器较精而非废旧,价格公道而不算昂贵。

李鸿章买定旗记铁厂之际,正是容闳在美所购机器运抵上海之时,两者合并一起,加上苏州洋炮局中丁日昌、韩殿甲经营的两车间,就成了当时规模最大的机器厂了。此厂名为“江南制造总局”,亦称“上海机器制造局”。厂址本在虹口旗记铁厂原址,因虹口被美国占为租界,侵略者反对中国在那里制造军火……另一方面,为了不断扩大规模和修造轮船,即需有发展余地的地界,也必须择一滨江处所。于是选择城南高昌庙滨临黄浦江的地方,1867年江南制造局迁往该处。开始圈地70余亩,1870年扩大到400余亩,即今之江南造船厂原址……。

由于江南制造局的创建,有旗记铁厂的全套设备和容闳从

美国买来的“制器之器”两部分较为先进的机器合在一起,所以,向之“机器不齐全”的缺陷基本得到弥补,很多不能制造的炮械等物都能造了。整个生产过程基本配套,机械化程度也较高,加之不断补充扩建,到 90 年代,江南制造局已成为中国乃至东亚最先进最齐全的机器工厂了。^①

二 江南制造局产品的主要情况

江南制造局在筹建时,虽然主要是为了制造军火,但由于在筹建初所注重购买的设备是“制器之器”,就不可能专门用来生产军火,必定也要涉及到许多民用物资的生产。李鸿章在购置旗记铁厂时就已经讲得很明确,他说:

机器制造一事,为今日御侮之资,自强之本。……抑臣尤有所陈者:洋机器于耕织、刷印、陶埴诸器皆能制造,有裨民生日用,原不专为军火而设……臣料数十年后,中国富商大贾,必有仿造洋机器制作以自求利益者,官法无从为之区处。^②

所以江南制造局在生产枪、炮、兵舰等军火的同时,也生产了许多民用物资,特别是机床等对于促进我国民族工业的发展起到了一定的作用。有关江南制造局生产产品的情况,夏东元先生在《洋务运动史》一书中已有详细的记述,现摘录如下:

第一,制造了大量的机器。据《江南制造局记》1867~1904 年粗略统计,计有:制造车床 138 台,刨床、钻床、开齿机、卷铁板机、汽锤、大锤机、砂轮机、绞螺丝机、锯床、翻砂机之母机性的机

① 夏东元:《洋务运动史》,上海,华东师范大学出版社,1992 年,77~80 页。

② 转引自夏东元:《洋务运动史》,上海,华东师范大学出版社,1992 年,79 页。

器 117 台,起重機 84 台,汽爐機 32 台,汽爐 15 座,抽水機 77 台,軋鋼機 5 台,其他各種機器 135 台,另外機器零件及工具 110 余萬件。可見製造機器的數目不能算少。它們既有自用者,亦有賣給或調給其他如天津、金陵等機器局者,售給一般民用工業廠家者亦不在少數。這在中國機器製造完全是一張白紙的情況下,應該承認它對於技術發展是起到相當作用的。

第二,是輪船製造。本來收買來的旗記鐵廠主要是修造輪船,江南製造局成立後因忙於造軍火尚不暇造船。該局創始人之一曾國藩自“黃鵠”號輪船製成之後,頗著意於船舶製造。在他促進下,該局遷高昌廟後,即成立了輪船廠,開船塢、自造鍋爐和各種輪船用的機器設備,初步具備了製造輪船的能力。加上 1868 年曾國藩奏請另撥江海關二成洋稅,以一成作為專造輪船經費,經濟上有了基礎,造船的條件具備了。1868 年 8 月,第一艘木殼輪船下水,曾國藩命名為“恬吉”……後改名“惠吉”。該輪長 18 丈 5 尺,寬 2 丈 7 尺余,每小時行 37 里。船較小,且系木殼,但它是中國自造的機器輪船,浦江試航,轰動了上海灘。……“惠吉”之後,又續造了“操江”、“測海”等輪船,為簡便計,列表(表 6—1)以說明之。^①

從上表看,(1)江南製造局的造船業發展很慢,前十年造了 7 艘,1876 年後近十年未造船隻,只是 1885 年才造了一隻“保民”號。直到 1904 年成立造船廠,基本上未造新船。(2)所造之船均為仿製,沒有獨立創造,很少發展……。1885 年造成的“保民”輪為最好,不僅是鋼板,且動力也最大,達到 1900 馬力。(3)輪船機件裝備國產化程度較高。據兩江總督馬新貽談及“操江”說:“該船規制,雖未能遽與外洋大兵輪相頡頏,而船殼、汽爐及暗輪機器,全副均系廠內製造,頓覺機杼一新。”……惜乎由於經費難籌和李鴻章想購買外洋新船等原因,

① 夏東元:《洋務運動史》,上海,華東師範大學出版社,1992 年,81~82 頁。

江南制造局于1885年停止了造船,而专造枪炮弹药,以致该局在造船方面于一个长期间内未能跟上世界先进水平。

表 6—1 江南制造局所制兵轮表(1867~1885 年)^①

船名	制成年份	船型	长度(尺)	马力(匹)	载重(吨)	配炮(门)
惠吉	1868	木壳明轮	185	392	600	9
操江	1869	木壳暗轮	180	425	640	8
测海	1869	木壳暗轮	175	431	600	8
威清	1870	木壳暗轮	205	605	1000	15
海安	1873	木壳暗轮	300	1800	2800	巨炮 20
驭远	1875	木壳暗轮	300	1800	2800	火炮 18
金瓯	1876	铁甲暗轮	105	200		后膛 120 磅 弹子炮 1 门
保民	1885	钢板暗轮	225.3	1900		克鹿卜炮 8 门
小型船 7 艘	1875 年前					

第三,枪炮弹药的制造。在洋务运动时期,如果说制造轮船不是江南制造局的经常任务,制造枪炮弹药却是它担负的始终不懈的职责。

先谈枪的制造。江南制造局开始造洋枪是仿照英国的兵枪、马枪,也就是旧式的前膛枪。湘淮各军曾拥有这种枪枝 10 余万杆,除部分向外国购买外,多为江南所供给。不久,外洋兴起后门装送子药的后膛枪,制造局即试造后膛新型的林明敦枪……于 1871 年开造。……到 80 年代,林明敦式后膛枪又显陈旧……另一方面仿制外国新式枪械,即在奥国的漫利夏枪和德国的新毛瑟枪基础上进行仿制,这两种枪在当时号称最为精

^① 夏东元:《洋务运动史》,上海,华东师范大学出版社,1992 年,82 页。

利,制造局于1893年试制成功,并有所改进。

次谈造炮的情况。江南制造局制炮始于1870年所造的称作“开花子轻铜炮”,共造成254尊,专供陆军行营所用。……1872年制成一尊可装12磅炮弹的前膛来复炮——乌理治炮。1878年制成了可装40磅炮弹的阿姆斯脱郎炮2尊,效果良好。

除制造枪炮轮船外,制造局在炮弹、枪弹、火药等物的制造方面数量也较大,到90年代大约每日能造各种子弹90000颗,每月能造地雷200枚,每年造无烟火药60000余磅。现将江南制造局历年所造主要军用品或与军用品相关的物品列表(表6—2)说明。^①

表6—2 江南制造局历年主要军用产品表^②

年代	车床刨床等(具)	各种机器(具)	船(艘)	各种枪枝(枝)	各种炮弹(尊)	各种水雷(具)	火药(磅)	铜引(枝)	各种炮弹(枚)
1867—1873	97	30	8	9920	112			50346	15624
1874	23	12		2500	8	44	81200	11100	33450
1875	33	7	5	3558	8	44	88982	13940	31215
1876	15	4	1	2510	1		115544	14000	41739
1877	10	14		1730			85060	12000	11369
1878	8	10		1638	4		80920	12210	30266
1879	3	14		1300	13		82530		11437
1880	9	5		2200	6	64	224446	10240	8235
1881	9	9		2800	8		162760	10500	956

① 夏东元:《洋务运动史》,上海,华东师范大学出版社,1992年,82~84页。

② 夏东元:《洋务运动史》,上海,华东师范大学出版社,1992年,85页。

年代	车床刨床 等(具)	各种机 器(具)	船 (艘)	各种枪 枝(枝)	各种炮 (尊)	各种水 雷(具)	火药 (磅)	铜引 (枝)	各种炮 弹(枚)
1882	8	13		2400	11	1713605			4681
1883	3	39		2024	12[1]	10	160350	38350	29329
1884	3	6		2372	16	22	357250	64885	33719
1885	5	14	1	2562	4[2]	10	346300	13200	7595
1886	3	14		2550	7		235537	14396	12080
1887	3	14		2352	7	50	246780	8316	14359
1888	3	11		2450	10	52	233516	18350	32186
1889	5	10		2126	13	20	158700	16167	11070 [3]
1890	4	10		825	9	82	282000	15000	41916 [4]
1891	1	14		1106	5	6	254500	12000	22979
1892		19		860	12	91	206960	9062	12216
1893		19		578	4	28	128525	7720	12851
1894		28		1224	4	40	378249	59241	10628

注:[1]另劈山炮 111 尊;[2]另劈山炮 200 尊;[3] 该年另生产格林炮弹 235000 枚;[4] 该年另生产格林炮弹 537000 枚。

特别值得提出的,是江南制造局建立的中国第一个洋式炼钢炉,中国第一炉钢就是这个炼钢炉于 1891 年炼出的。制造机器枪炮需要各种原材料,其中尤以钢材、钢管等件最为关键,这些,本全部购自外洋,价值既昂,运费又贵,平时尚可买到,战时海上交通梗阻,且有买不到手之虞。制造局乃于 1890 年筹建炼钢厂,向英国购买 15 吨炼钢炉一副,次年即炼出第一炉钢。此举比汉阳铁厂炼钢早了 2 年。……到 1904 年成立造船厂止,最

多的一年曾炼出 2059 吨钢,一般年产均在 500 吨上下。

另一个值得特别提出的,是制造局在“西学东渐”上的贡献。1868 年制造局成立翻译馆,随即将李鸿章于 1862 年在上海县城旧学宫旁成立的广方言馆移于厂内,与翻译馆合在一起。广方言馆主要是招收生徒学习西方语言文字的学校,目的是培养外交人才。后来,特别是迁入江南制造局后,除学习西国语言文字之外,也加学一些算学、格致等自然科学知识。先后聘请英美人伟烈亚力等传教士,从事翻译和一定的教学工作;中国长于数理的科学家华衡芳、华世芳兄弟和徐寿、徐建寅父子,协助西人翻译,起了很大的作用。1870 年前后即出版了有名的《汽机发轫》、《汽机新制》等工程书,《代数学》、《微积溯源》等数学书,《化学鉴源》等化学书,共达数十种,译作和印刷都称高速度。据统计,从 1868~1907 年 40 年间,江南制造局翻译馆译印的西书有 159 种,1075 卷。其中除历史、政治、兵制等 30 余种关于文科的书籍外,其他均为工、农、矿、商、算、理、化、电、光、声、天、地等科学、技术的书籍,这对中国新科技的发展,无疑起了积极的作用。^①

第二节 汉冶萍公司的建立

汉冶萍公司,是我国近代最大的一家钢铁联合企业。“汉”,是指湖北汉阳炼铁厂;“冶”,是指湖北大冶铁矿;“萍”,是指江西萍乡煤矿。

《中国科学技术史稿》一书指出:

在我国,西方近代冶金技术的采用,也是开始于清代末年。

^① 夏东元:《洋务运动史》,上海,华东师范大学出版社,1992 年,84~86 页。

“江南机器制造局在 1890 年开始设立炼钢厂,建立了 15 吨酸性平炉一座,每日可出钢 3 吨,这可能是我国最早的一座炼钢平炉。……1893 年,湖北成立汉阳铁厂,厂中建有 100 吨高炉两座,8 吨平炉(酸性)一座,我国第一座近代化高炉于 1894 年 5 月在汉阳铁厂开炉生产。……1908 年 2 月,汉阳铁厂、大冶铁矿(1890 年建厂,是我国第一座用机器开采的露天铁矿)、萍乡煤矿合并为‘汉冶萍煤铁厂矿公司’。各厂、矿分别进行了改建扩建,设备有 100 吨高炉 2 座、250 吨高炉 1 座、50 吨平炉 6 座,各种轧机 4 套以及机械化矿山等等,初步形成了一个钢铁联合企业”。^①

汉冶萍公司是我国近代冶金史上第一个大型钢铁联合企业,由于其冶炼厂位于汉阳,铁矿石出自大冶,炼焦之煤主要产自江西萍乡,所以称之为“汉冶萍煤铁厂矿公司”,又简称为汉冶萍公司。

一 汉冶萍公司创立的经过

汉冶萍公司的创立是由清朝末年洋务派的提倡所致,具体说来是从当时的洋务派首领之一的张之洞筹办汉阳铁厂开始的。19 世纪的中国,面对着列强的侵略和国家民族的危亡,中国社会的各个阶层出现了一批要求向西方学习的人士。汉冶萍公司的建立是在 19 世纪后叶由清朝政府推行的一个项目,目的是为了通过西方近代科学技术的引进来延续清王朝的统治。光绪初年,奕訢有创办芦汉铁路之议;当时在广东任两广总督的张之洞认为修铁路必须先造钢轨,而造钢轨必须先办钢铁厂,因此才告当时的驻美公使刘瑞芬和薛福成,请他们代为购置设备。张

^① 杜石然等:《中国科学技术史稿》,下册,北京,科学出版社,1985 年,281 页。

之洞原本打算在广东建炼铁厂,光绪十五年(1889年)底张之洞调往湖北任职,而继任的两广总督李瀚章却不主张办钢铁厂,因此为筹建炼铁厂所引进的设备也随之运来湖北,这就是汉冶萍公司中汉阳铁厂创建的原因。为什么不将炼铁厂设在盛产铁矿石的大冶而设在汉阳呢?按张之洞的话说,一是为了张之洞本人的方便,所谓“大冶照料不便,若建厂武汉,则吾犹及见铁厂之烟突”,二是“臣叠派矿师洋匠暨道员徐建寅督率测绘员生前往察勘”,“勘得汉阳县大别山下有地一区”,“南枕大别山,东临大江,北滨汉水,东与省城相对,北与汉口相对,气局宏阔,运载合宜”。^①可见,这一厂区的选择主要是从便于原料的运输、技术及生产的管理等方面出发的,从当时的情况看基本上也是合适的。

就这样,在光绪十六年(1890年)汉阳铁厂开始建造,光绪十九年基本竣工,光绪二十年(1894年)开炉化炼。“因中国通化炼及工程学者极难其选,不得不取资于外国,而所聘各工程师或由使臣访聘,或由洋厂推荐,一再更易。建造工程亦屡经改变,化炼成本无法减轻,加以马鞍山煤质含磷过重,不甚适用”,生产一直无法正常进行。在“光绪二十二年以前,(汉阳铁厂)化铁炉只开一座,每日约出生铁四十余吨”。光绪二十二年(1896年)汉阳铁厂由官办改为商办。“光绪二十四年,德矿师勘定萍乡煤矿最富,该厂即以全力经营”。“开办萍矿,并筑造运煤铁道,禁止别立公司,而萍煤遂专为该厂所有”,这样,汉阳铁厂炼铁用煤的问题才得以解决。“查该厂自改归商办后计添化铁炉一座、炼钢炉二座,旧有化铁炉四座,每座约日出生铁九十至一百吨,新炉一座约日出生铁二百二十至二百五十吨;炼钢炉先后共有七座,每座约日出钢三十吨。自光绪三十四年(汉冶萍公司成立之

^① 清·张之洞撰《勘定炼铁厂基筹办工厂暨开采煤铁事宜折》,见《张文襄公全集》,卷二九,民国十七年戊辰刊本。

年——作者注)以来,年约出生铁十万吨以上,钢约五万吨上下。而大冶矿砂年约出五十万吨以上,萍乡煤矿约日出三千吨,可炼焦五百吨至千吨,此公司成立后出货之情形也”。^①

当时张之洞为汉阳铁厂在国外定购的炼钢炉是属于酸性炼钢的“贝色麻钢炉”,这种炼钢炉对含磷量高的铁矿是不适用的,因这种炉在炼钢时难以去除铁矿中含有的磷,而大冶出产的铁矿石中偏偏含磷量又比较高,使得汉阳铁厂炼出的钢性脆易裂,致使汉阳铁厂开工后数年内成功极为有限。直到光绪三十年(1904年)以后,重新引进马丁炼钢炉(又称西门子炼钢炉)之后,生产才得以正常进行。这中间不仅浪费了大量的人力、物力、财力,更可惜的是耽误了数年的时间,这都是封建社会的弊病造成的。尽管有这样一些曲折的历程,从当时的情况来看,以汉阳铁厂为主体而成立的汉冶萍公司毕竟是当时亚洲最大的钢铁联合企业,“凡属亚洲界内,中国之外,自中国以及南洋各国、各岛暨至印度,皆无铁厂”,^②这是事实。因此,汉冶萍公司的建立开创了我国钢铁联合企业的先河,具有重要的意义。

二 汉冶萍公司的主要科技成就

设立铁厂首先要有铁矿石才能进行生产,在湖北大冶就蕴藏有大量优质的铁矿石,与大冶相连的兴国州(今湖北省阳新县)则出产锰矿。“查明大冶县铁山,实系产旺质良,取用不竭,距江边黄石港仅50余里。兴国州产有锰铁,尤为炼钢所必需,适

① 民国《湖北通志》卷五四,民国十年刊本。这里记载的有关数据与《中国科学技术史稿》一书中所述的不完全相同,可能因统计时间不同等原因造成的,本书仅以引用,未作进一步考证。

② 一丁:《汉阳铁厂轶事》,载《武汉春秋》,1983年第3期。

于大冶接界”^①

大冶铁山是我国有名的铁矿山之一,直到今天仍是武汉钢铁公司的矿石来源地之一。据清代同治年间修《大冶县志》载:铁山“在县北铁山堡,距城四十里,宋于此置炉烹炼铁矿,故名”。该志还记载有清代人胡率祖《道边洪炉》诗曰:“辛苦耕耘尽纳输,村村为冶赖洪炉”。吴承洛先生在《今世中国实业通志》一书中指出:“清季盛宣怀以振兴实业,开矿实为首图,乃于光绪十四年(1888年)率英国矿师在扬子江下游探勘矿产至湖北大冶县地方,发现狮子山等铁矿”;该书同时指出,大冶县内狮子山、铁门坎等矿出产的矿石中铁的含量分别为63.53%和65.80%,是比较丰富的含铁矿石。当盛宣怀得知张之洞要开办汉阳铁厂时,就将所勘探到的大冶铁矿转归于张之洞了。^② 所以大冶铁矿对于设在汉阳的铁厂来说是丰富的矿石来源,这里出产的铁矿石可以从长江直运汉阳,交通便利。光绪十七年(1891年)大冶铁矿开始开采。据《大冶铁矿志》记载:大冶铁矿正式投入生产是光绪十九年(1893年),当年产铁矿石3000多吨,并配备有运输矿石的铁路、码头等设施。第二年即产矿石一万吨,到汉冶萍公司成立之后,年产矿石由十几万吨发展到三十多万吨以上。虽然大冶铁矿初期的开采中使用的矿山机械设备很少,但它是我国第一座用机械开采的露天铁矿,它的开采不仅满足了汉阳铁厂的需要,而且从光绪二十六年(1900年)起,每年向日本出口5万吨上等矿石。^③

炼铁所用的焦炭用煤,在汉阳铁厂建厂之初曾经使用过今天大冶、武昌县、马鞍山等地的煤,这几处煤矿均因数量不足或质

① 清·张之洞:《勘定炼铁厂基筹办工厂暨开采煤铁事宜折》,见《张文襄公全集》卷二九,民国十七年戊辰刊本。

② 吴承洛:《今世中国实业通志》,上海商务印书馆,民国十八年刊本,上册,89页。

③ 武钢大冶铁矿矿志办公室编:《大冶铁矿志》,1986年,上册,62~70页。



量不佳一直不能满足需要，“然马鞍山煤质磺多灰多，不容熔炼”。^①甚至到了进口焦炭的地步，使铁矿的生产无法正常进行。后来在江西萍乡找到了适宜的煤矿，“萍乡煤矿，磺轻灰少，炼焦最佳，唯用土法开采，仅得浅处之煤，宜置机设厂，开一大井，每日需出煤 300 吨，方能维持铁厂”。^②光绪二十二年，汉阳铁厂改官办为商办。大买办盛宣怀在萍乡探勘出丰富的煤矿之后，立即置机开采，并修筑运煤铁路，才彻底解决了汉阳铁厂的用煤问题。到了光绪三十四年（1908 年），萍乡煤矿已达日产原煤 2000 吨的水平。

根据张之洞在光绪十九年二月《预筹铁厂成本折》中称：

刻下生铁大炉二座暨热风大炉六座，煅矿大炉两座，统为炼生铁，厂已于二月内完工其炼，贝色麻钢厂、造钢轨厂、造铁货厂均定于四月内完工，炼西门士钢厂、炼熟铁厂均定于五月内完工，总计六大厂，五月内一律完竣。^③

这里所说的“生铁大炉二座”，据《中国科学技术史稿》一书介绍，是 2 座 100 吨的炼铁高炉，并于 1894 年（光绪二十年）开炉生产。这是我国历史上最早的近代化的炼铁高炉，虽然是引进的设备，但它的出现标志着我国的冶铁工业已经进入了近代化。

到了 1908 年（光绪三十四年）2 月汉冶萍公司成立之时，各个厂、矿又进行了不同程度的改造，设备也有了较大的增加。关于汉冶萍公司中炼铁、炼钢的技术水平，《中国科学技术史稿》中有一段论述，现摘录如下：

①② 张春霖：《张文襄公治鄂记》，湖北通志馆，1947 年。

③ 清·张之洞：《预筹铁厂成本折》，《张文襄公全集》，三三卷，民国十七年戊辰刊本。

就技术水平而言,在冶铁技术方面,汉阳铁厂在 20 世纪初有高炉 4 座,第一、二号老炉为容积 248 立方米;第三、四号新炉容积为 477.5 立方米。这都是从国外引进的设备,其技术指标见表 1、表 2(表 6—3、表 6—4)。这种技术水平,在当时世界上是相当先进的。

在炼钢技术方面,据 1913 年的调查,汉冶萍公司的钢厂有煤气发生炉 18 座,平炉配有 50 吨吊车 2 台,30 吨吊车 1 台,平炉每炉装铁水 20 吨,废铁 10 吨,每 8 小时出钢 1 炉。上述设备大都从西方名厂引进,技术水平在当时也是比较先进的。^①

表 6—3^②

	老炉	新炉
容积	240 立方米	477.5 立方米
高	18.125 米	20.450 米
风口数	4	8
日产	夏 90 吨,冬 100 吨	夏 230 吨,冬 250 吨
热风温度	600℃ ~ 680℃	700℃
每日出铁次数	6	8

表 6—4^③

每吨生铁耗料	老炉	新炉
铁矿石	1.7 吨	1.7 吨
锰矿石	0.88 吨	0.8 吨
石灰石	0.46 吨	0.46 吨
焦炭	1.1 吨	1.0 吨

虽然由于封建制度中贪官污吏挥霍浪费、层层盘剥,致使所

①②③ 杜石然等:《中国科学技术史稿》,下册,科学出版社,1985 年,281 ~ 282 页。



生产出的产品成本很高,就是在中国国内,和外商倾销的“洋铁”相比也没有任何的竞争能力;但是从客观上看,汉冶萍公司的建立不仅开创了我国钢铁联合企业的先驱,而且为我国近代,直至现代的钢铁冶炼和制造工业奠定了一定的基础。

第三节 汉阳兵工厂及“汉阳式”步枪

一 汉阳兵工厂的创立

湖北汉阳兵工厂原为湖北枪炮厂,创建于清代光绪十六年,即1890年,1916年改名为汉阳兵工厂。该厂于1893年开始制造的“七九”步枪,为当时及稍后的中国军队的主要装备之一,当时这种步枪被定名为“汉阳式”。据《中国近代工业史资料》一书介绍:

“汉阳兵工厂,系张之洞于光绪16年所创设,17年5月开工。19年开始仿造德国1888年式七九步枪,旋去其套筒,加护盖,后改标尺”,生产出“现之汉阳式步枪。光绪20年始造德国格鲁森式三七山炮,23年仿造五三山炮,25年仿造五七山炮,皆系格鲁森式”。“光绪23年,以装炼枪管钢和无烟枪药之目的,设立汉阳钢药厂于赫山。……民国6年钢药厂改为汉阳兵工厂”。^①

光绪十七年,张之洞在《妥筹枪炮厂常年经费折》中称:

查鄂省新设枪炮厂所造各械,皆系南北洋、广东、山东、四

^① 陈真:《中国近代工业史资料》,第三辑,北京,三联书店,1961年,234页。

川等省制造局所无者。各省局间有一、二处或能造枪,既系旧式,且所出甚少,鄂厂所造克虏伯各种车炮尤为边防、海防、陆路战守必不可少之利器。^①

可见,汉阳兵工厂自1890年成立以来,已经能够生产一些枪炮,有些还是当时比较先进的武器。

汉阳兵工厂之所以能够造出较好的枪炮,从科技的角度看主要有以下三点原因:

第一,在当地建有炼铁厂、炼钢厂。如汉阳铁厂在1894年已拥有炼铁高炉和炼钢平炉,日产钢约15吨,能够解决一部分原料问题。

第二,在徐建寅的主持下,1901年汉阳钢药厂试制成功了无烟火药,并于次年开始批量生产,为枪炮弹药的制造提供了保证。

第三,当时的制造设备主要为引进的西方技术,所生产的武器有相当部分是仿制当时西方的先进武器。

二 “汉阳式”步枪及其他

在汉阳兵工厂所生产的各种武器中,被人们称之为“汉阳式”的七九步枪是最为著名的。据《中国军事史》一书介绍:“汉阳式”步枪是根据德国在1888年采用无烟火药制造的新枪——88式毛瑟枪为样本仿制的。88式毛瑟枪口径7.9毫米,枪长(除刺刀)1.24米,枪重(除刺刀)3.75公斤,初速600米/秒,表尺射程2000米;枪机是回转式,即开动枪机和关闭枪机时须将机柄回转90度,才能向后拉动和推上关闭;该枪的枪管外有一套

^① 清·张之洞:《妥筹枪炮厂常年经费折》,见《张文襄公全集》,卷三〇,民国十七年戊辰刊本。



筒,以防枪管发热。光绪十九年(1893年)湖北枪炮厂开始仿造,定名为“汉阳式”,仿造时作了几点改进:省去枪管外的套筒,将枪口外径加厚(毛瑟枪为13.4毫米,“汉阳式”为14.8毫米),加木厚盖;将表尺由直立式改为固定弧形式;探条加长。“汉阳式”由于是仿88式毛瑟枪,又作了改进,所以使该枪的枪机构造简单,易于制造;枪机采用回转式,闭锁容易保持;“汉阳式”枪重(除刺刀)为4.66公斤,其机件坚固耐用。^①正因为这几方面的优点,使得“汉阳式”步枪成为当时步兵的主要装备之一。

从1894年开始,汉阳兵工厂逐步进行仿制克鲁森式口径37、53、57毫米退架山炮。关于汉阳兵工厂在清代末年至民国初期生产的枪支、枪炮、弹药的数量,《中国近代工业史资料》一书中有下述记载(见表6—5):

表6—5^②

名称	时间	数量
步枪(汉阳式七九步枪)	光绪22年—民国17年	687877支
克鲁森37毫米山炮	光绪20年—光绪22年	440尊
克鲁森53毫米山炮	光绪23年—光绪25年	17尊
克鲁森57毫米山炮	光绪25年—光绪33年	480尊
七九步枪弹	光绪22年—民国17年底	37830万发
七九圆头枪弹药	光绪27年—民国17年底	239.6万磅

开始时,每日能造7.9毫米步枪5~12支,枪弹厂每月仅出枪弹10万余颗,渐次至30余万颗,炮弹厂每月能造炮弹7000余枚。^③

汉阳兵工厂是我国近代主要的军事工业厂家之一,在我国

① 中国军事史编写组:《中国军事史》,第一卷,《兵器》,北京,解放军出版社,1983年,100~101页。

②③ 《中国近代工业史资料》,第三辑,北京,三联书店,1961年,233~236页。

军事及工业史上占有重要的地位,它所生产的武器(如被称之为“汉阳式”的步枪)在近代的中国社会中享有较高的声誉,例如“汉阳式”步枪常常被人们称之为“汉阳造”,几乎是人人皆知的。

第四节 无烟火药的试制与生产

一 试制无烟火药的原因

火药是我国古代的“四大发明”之一,有着悠久的历史,在唐代就已经出现。目前学术界一般认为,在我国有年代可考的最早的火药配方,是808年清虚子撰的《铅汞甲庚至宝集成》中记载的“伏火矾法”,用的药料是硝石、硫磺、马兜铃(焙干后主要成分是炭)。硝石的有效成分是硝酸钾,在火药中它的作用是作氧化剂,硫的作用是爆发剂,炭的作用是燃烧剂。这种被人们称之为黑火药的东西,作为兵器中的燃烧、发火的药物在我国一直使用了很长的时间,虽然其间也进行过一定程度的改进,也只是原料的纯度或各种原料的配比的改进,其基本组成的硝、硫、炭并没有根本的改变。

这种黑火药存在着两个最大的不足之处:一是黑火药燃烧后会产生大量的烟雾;二是黑火药燃烧后会留下一一定量的残渣。前者是由于黑火药中的硫燃烧后生成的二氧化硫、三氧化硫,与空气中的水分子作用生成烟雾状的亚硫酸与硫酸;后者是由于黑火药中的炭不可能完全燃烧,总有一小部分残渣遗留下来。例如,1884年以后,清朝政府进行仿制的一些后装炮,由于仍然使用黑色火药,“发射时烟雾很大,每次发射需等烟幕消散后,重新调整移动了的炮位和重新瞄准,因此发射速度仍然很慢,以

野、山炮来说,每分钟仅二发至四发”。^①

近代滑膛枪炮的出现,可以说是在无烟火药出现的基础上出现的。第一个无烟、无残渣的火药是硝基纤维素,它是瑞士人布拉康纳特(H. Braconnot)于1823年发明的。硝基纤维素,又称硝化纤维,它主要是以棉花、硝酸等为主要原料制成的。

光绪十七年,张之洞为了扩充军备,积极为已开办的枪炮厂筹办军费。他指出,“鄂省新设枪炮厂所造各械皆系南北洋、广东、山东、四川等省制造局所无者”,“鄂厂所造克虏伯各种车炮尤为边防、海防、陆路战守必不可少之利器”,^②“因大局未定,时事日紧,军火尤为要图”、“无烟火药较之黑药需要尤切,造法尤难”,^③因此必须尽快造出无烟无残渣的新火药以满足枪炮厂的需要。在这种形势下,无烟火药在湖北进行试制并投入生产是大势所趋。

二 徐建寅试制无烟火药成功

本来张之洞准备聘请洋人试制及生产无烟火药,因“近订洋匠久未来鄂,焦急殊甚”,^④张只得请对近代科学技术颇有造诣的徐建寅来主持这项工作。徐建寅为我国清代末年著名科学家徐寿之子。光绪十六年(1890年),徐建寅曾在张之洞的手下工作过。他在会办湖北铁路局时,在湖北大冶胡家湾勘探出煤层,后经张之洞派人试采,“竟得烟煤,其质极佳”。光绪二十六年,徐建寅被张之洞调到武汉,先任湖北营务处暨教吏馆武总教习,后

① 中国军事史编写组:《中国军事史》,第一卷,《兵器》,北京,解放军出版社,1983年,232页。

② 清·张之洞:《妥筹枪炮厂常年经费折》,见《张文襄公全集》,卷三〇,民国十七年戊辰刊本。

③④ 清·张之洞:《为徐建寅等请恤折》,见《张文襄公全集》,卷五二,民国十七年戊辰刊本。

任汉阳钢药厂总办。张之洞指定徐建寅试制无烟火药是有其原因的,其中主要是徐本人曾详细考察过当时西方制造无烟火药的情况。根据徐建寅所撰写的《欧游杂录》一书记载,光绪六年五月初七上午九时,他曾赴德国人胡尔甫家参观其火药工厂,用了整整一天的时间。他在记录中说:

过乱石草地至棉药厂,其汽机有实马力一百匹,每日成上等棉药六七百斤。所用之浓硝镪水,用土硝及硫镪水,在本厂蒸炼而成。其土硝购自亚美利加。蒸炼硝镪水之甑,用生铁桶横卧,长约八尺、径约四尺,上半桶内砌以火砖,二桶并置一炉,共三炉。用瓦管接出所发之气,收入瓦瓶,管径约五寸,瓶径与高各约三尺余,以十瓶相连。在前之二瓶,下有瓷塞门放出之镪水,浓而合用。以后各瓶系收余气所成较淡之镪水,不合作棉火药,可以发售。另有二圆瓶,亦用瓦管通过各瓦瓶,所有作棉药后之已淡之硝、硫二镪水,再收入此甑蒸之,仍可得硝镪水。凡作棉药,用硫镪水三分、硝镪水一分相合。用过之后,尚有硝镪水十分之一,可蒸出之。调合硝、硫二镪水,用铁桶高八尺径五尺,以硫镪水三、硝镪水一,共入其内相和,桶内有器能旋转,以调合之。每桶盛二十担,待冷,放入别桶内,运去备用。……另有一厂内,大木桶高、径各约六尺,内盛以水,将已松之棉花浸入,稍加以碱,人手执棍入内屡调之。两日捞出挤干,再入一大桶以清水漂之。频换清水,漂尽其碱,捞出挤干,入转笼内,以离心力使之干。转笼者,以铁皮作圆桶,外多钻小孔,中心有轴直立,于架内旋转极速,则水受极大之离心力而四散向外,由小孔内洒出,棉花阻于铁皮,不得出,故水能速去而干。而入烘房烘,使极干。次浸入盛合镪水之方铁箱内,浸二刻,箱长六尺,宽深各一尺半,上有二铁板,方约一尺,作多小孔,以绞链相连,有柄夹之。以铁钳捞取棉花一团,入二板间夹

干,再入瓦罐内,再加合礞水,以浸没为度。待冷,六点至八点钟久,再入转笼内令极干,而浸入大木桶之水内,以棍调之,至酸味去尽为度。如不易尽,可稍加碱以解之。即在荷兰人器内磨碎,放出至大小二套网筛内,以吸气法吸令极干。再入模内,以水力压成六角白饼;又有将其浆先灌入六角模内,吸其水成形,而再入模内,压实成白饼者。压时每有轰烈之险,故压模外护以坚木大箱。压成后常令百分中含水十五分。逐枚称量,合用者用之,太高则削去少许,太轻则因太干,须加重做。装棉药之箱,以黑柏油涂其里,使水气不散。棉药饼专为水雷所用。另选极干者,形如爆竹,外涂黑松香油,以防潮湿,上缀药线,为轰开山石及水雷内引火之用。七点钟,胡尔甫妻,取干棉药长四寸、径半寸者数枚,偕往旷野,逐一点放;或在溪水中,一声震耳,水溅六七丈;或在千斤大石之下,石破天惊,飞上半空,尽成齑粉,又或石碎而嵌入土中;或附火箭上升,发入空际,如半天霹雳,足见药力之猛。^①

既然徐建寅详细考察过德国人生产无烟火药的情况,由他来主持试制就有了一定的基础。事实确实如此。徐建寅接受任命之后,“毅然以设法造成为己任,极意研究化学,将礞水、酒精、棉花等物,自行配制。本年正月造成无烟药数磅,试验药力,颇称充足,惟烧后稍有渣滓”;接着,他又“殚精竭思,穷加研炼,于二月初六日,首自造出数磅,试验竟无渣滓”。就这样,无烟、无渣滓的火药在湖北首次试制出来了。虽然徐建寅在此之后数日,因机械炸裂身亡,但他试制无烟火药的方法却在汉阳钢药厂得到了应用。根据《张文襄公治鄂记》一书记载:“钢药厂,向德国格鲁森厂购无烟火药机,每10点钟能出药33磅。……药厂于

^① 徐建寅:《欧游杂记》,卷上,转引自季鸿昆:《徐建寅与中国火药的研制》,载《自然科学史研究》,第4卷1期1985年。

(光绪)二十七年冬开工制造,其中并附硝、磺、醋精、各种镪水和依脱火酒等厂,规模极为完备”。^① 这就是说,汉阳钢厂正式开工制造无烟火药是在光绪二十七年冬,距徐建寅不慎身亡只有几个月的时间,可见是徐建寅的试验成果在生产中得到应用。徐建寅是我国开展无烟火药研制工作并取得成功的先驱者之一。

在徐建寅试制无烟火药之前的几年,供职于江南制造局的王世绉已在进行无烟火药的试制,并于光绪二十一年(1895年)试制出了无烟火药,这确比徐建寅的试制工作早6年。但是按王世绉的方法制出的无烟火药产品一直存在缺陷,直到光绪三十年(1904年),两江总督魏光燾、湖广总督张之洞在奏折中还说,沪局制造的无烟火药“制炼尚未能纯净得法”,应当“迅速改求精善”。^② 从这一点上来说,真正合格的无烟火药,仍可以说是徐建寅所在的汉阳钢厂首先制造出来的。

三 无烟火药的生产工艺

汉阳钢厂所采用的方法如何?目前已难以考证,但是从前面引述的《欧游杂记》之中可以看到,汉阳钢厂采用的方法可能与徐建寅参观过的德国人制造无烟火药的方法大体相同,或有一些改进。季鸿昆先生在《徐建寅与中国火药的研制》一文中对这个问题有一段论述:

为了了解徐建寅在汉阳期间的科学技术实践,作者曾在武汉地区进行调查。可惜由于该地迭经战火,厂址改建作为他用,徐氏科技活动的遗迹已经渺不可寻。

① 张春霖:《张文襄公治鄂记》,武汉,湖北通志馆,1947年。

② 季鸿昆:《徐建寅与中国火药的研制》,载《自然科学史研究》,第4卷1期1985年。

我国早期无烟火药技术资料中,最可靠最完整的是《江南制造局记》卷九上所载的“造无烟药法”,原文摘引如下:

“造无烟药,须先造棉花药:以生棉纱拣净,筋条用热汽水洗净,每桶用生棉纱一百二十磅和钠养碳养(即西国碱名)各六磅或七磅,装入热汽水桶内,蒸洗二十四点钟,换水八次即可洗净。然后送撕棉纱房,取出烘干。如棉纱洁净,碱粉可少用;棉纱污秽,碱粉可多用。撕棉纱房,用撕棉丝机器拉松二次,送入烘棉料房。烘棉料房,烘干透,取出成棉料,送入烂棉药房。烂棉药房,用硝镪水一百磅,浮量表重一千四百四十度;用磺镪水三百磅,浮量表重一千八百五十度。将硝、磺镪水合并,陆续放入烂箱内,每箱用硝、磺镪水八十五磅左右。每次用棉花料八磅,或少用六磅亦可,浸入镪水内约三十分钟,镪水即可吸透。烂箱内热度如寒暑表七十度,药水三十度最为合宜。烂棉药,看天寒用热汽水蒸高度数;天暑用冷水压下。烂透后,用缩气揭上镪水,取出;用摇筛器具滤净镪水,取出;用清水清十四点钟,换水数次,取出。复用热汽水桶和钠养碳养二各五磅,蒸洗二十四点钟,换水八次,取出。筛干,送入磨棉药房。磨棉药房,将烂过的棉药用机器拌水磨均,每缸计重一百二十磅,磨二十四点钟,棉药磨研成酱,放于漂药房。漂药房,用机器拌清水漂净,用自来水陆续喷匀,镪水漏下,漂二十八点钟,棉药即可漂净。用试药纸试过,取出装入洋布袋内,用摇筛器具筛干水渍。取出,用细铜筛筛过,装入棉蓬布木盘送烘棉药房。烘棉药房,热度用德国天气表四十八度,约烘九十四点钟。取出,即成棉花药料,送入拌药房。拌药房,用机器桶,每桶合棉花药四十磅为一料。枪、炮药二项,只分药片条粒大小,拌法则同。其应用各料如后:

棉花药	四十分
松香	五分
酒精(无水乙醇)	三十分

樟脑	十分
以脱(乙醚)	三十分
克司得油(汽油?)	五分
阿西多尼(丙酮)	三分
白醋	二分

拌至三点钟久,取出,送入轧药房”。

以下便是轧片造粒,剪裁药粒大小,最后烘干,药片或药粒打蜡上光,包装等辅助工序。

这一工艺过程及其配方和徐建寅在德国所参观的工艺几无二致。但就这样的工艺,江南制造局也曾有过波折,所以该书又记载云:“无烟药本自化学,其精微奥妙,由化学而得,若稍勉强,即不得法,须在一心运用,有难于言语形容者。按无烟药厂创于光绪二十一年初,由德国聘来洋匠沙里温,开办经年,未著成效”。……江南制造局对硝棉火药的制造工艺虽然有所建树,但仍未超过湖北制造局的汉阳无烟药厂。所以在《江南制造局记》上,又详细记载了《调查鄂厂制无烟药改良法二十条》,主要为:以“本地小花”(国产棉花)代替棉纱作原料;在脱脂、中和等过程中采用“盐镪水”调节酸碱度;明确用“钾典试纸”检验酸质;利用废弃混酸对棉纤维素进行初步硝化,以提高酸的利用率;按硝化程度的深浅分“头号”、“二号”棉药;成品配方为“以烘干之头、二号棉药各三十二磅半,共六十五磅,掺入曾经药水浸化用剩之余药三十磅,又加阿西多尼四十磅、以脱二十磅、酒醇十五磅,用铅桶盛过一宵,使药浸透至两相融洽为度”。此外,还有在湿度、压力、水分等方面和一些工艺过程中视具体需要而订出相应的质量指标和控制方法等,这些都是当时“鄂厂”优于“沪厂”的地方。当然,我们不能据此武断地说,这二十条都是徐建寅的工作,因为作这次调查时,徐建寅已



去逝几年了；但是我们也不能说，这二十条与徐建寅全不相干。^①

无烟火药(实际上是硝棉单基药)的生产,为我国近代兵器工业奠定了重要的基础,它是在“近订洋匠久未来鄂”的情况下,由中国人自己主持试制成功的,并且达到了一定的水平。这次试制,虽然是在参照西方一些国家制造无烟火药的基础上进行的,但在我国近代科技史上仍然是一件有意义的事。

^① 季鸿昆:《徐建寅与中国火药的研制》,载《自然科学史研究》,第4卷1期1985年。

第七章

少数民族地区的科学技术

第一节 藏族的天文历算

生活在长江上游青藏高原的藏族人民,在唐代以前还处在“观象授时”的时期。《新唐书》和《旧唐书》的“吐蕃传”都说,那时的藏民纪年是“以麦熟为岁首”。藏族史书《亚桑的故事》所记述的“纺织老妇人月算”^①,则提到了藏民通过观察月亮、太阳和风雨等自然现象记时的知识:

第二周的初一日,上弦半月半夜落;

第三周的初一日,满月彻夜月光明;

第四周的初一日,下弦半月半夜升;

第五周的初一日,称作空天无月夜。

.....

一季称为暖风起,二季长叶雨水降,

三季称为果实熟,四季称为寒风起。

.....

^① “纺织老妇人月算”,引自:邓侃《西藏的魅力》,拉萨,西藏人民出版社,1999年,290页。

暖风吹起叶发时,空中太阳向北移;

果熟寒风吹动时,空中太阳往南移。

公元6世纪,山南雅隆部落统一了西藏地区,建立了吐蕃王朝,并开始与唐王朝联姻。随着文成公主、金城公主的先后进藏和汉藏的文化的交流,汉族先进的科学、文化和生产技术不断传入西藏。其中,在西藏广为流传的汉族天文历算知识,就有阴阳五行、九宫八卦、十二生肖、六十甲子、二十四节气以及黄历历谱等等。

与此同时,吐蕃王朝也与南亚各国进行了文化交流。随着佛教的传入和盛行,藏族学者以佛教经典《时轮经》的教义为指导,将印度、汉族、藏族的天文历法知识相融合,研制出了特色鲜明的历法——时轮历。在宗教统治者的支持下,时轮历成为在西藏地区长期发展和使用的主要历法。直至今日,藏历历书仍是按照时轮历的法则编算的。随着天文观测和研究工作的不断深入,时轮历的编算还形成了体系派(藏语称为“珠孜”)和作用派(藏语称为“及孜”)两大流派。体系派讲究理论的完整严密,作用派讲究推算的简明实用。可以认为,时轮历基本上汇集了藏族古代天文学的所有内容。

一 时轮历的计量单位和天文常数

1. 时间和弧度的计算单位

“息”是时轮历中最小的时间单位,其定义为“正常人一呼一吸所需的时间”。时轮历测定,一昼夜为21600息,即15息相当于1分钟,1息相当于4秒钟。息以上的时间单位,时轮历采用滴漏系统,规定一昼夜为60漏刻,1漏刻为60漏分,1漏分为6息。对于小于息的时间,则采用分数表示,且分数的分母不固定。分母选用的原则是,尽量使分子为整数。必要时,还使用繁

分数表示小于息的时间。如,体系派的恒星年为:

$$365 \text{ 日 } 16 \text{ 刻 } 14 \text{ 分 } 1 \frac{12 \frac{121}{707}}{13} \text{ 息} = 365 \frac{4975}{18382} \text{ 日} \\ = 365.2706451 \text{ 日}。$$

该数值比今测值 365.25636 日稍大。

关于弧度单位,首先,时轮历规定圆周为 360 弧度,并把沿黄道的一周天等分为 27 宿,在宿以下套用时间单位的名称和换算关系。它们是:

$$1 \text{ 宿} = 60 \text{ 弧刻}, 1 \text{ 弧刻} = 60 \text{ 弧分}, 1 \text{ 弧分} = 6 \text{ 息}。$$

这样,

$$1 \text{ 周天} = 27 \times 60 = 1620 \text{ 弧刻},$$

$$1 \text{ 弧度} = 1620 \div 360 = 4.5 \text{ 弧刻}$$

2. 三种年、月、日单位

时轮历中的年、月、日三种单位,都有太阳、太阴、宫三种系统。它们之间的换算关系是:

$$1 \text{ 太阳年} = 12 \text{ 太阳月} = 360 \text{ 太阳日}$$

$$1 \text{ 太阴年} = 12 \text{ 太阴月} = 360 \text{ 太阴日}$$

$$1 \text{ 宫年} = 12 \text{ 宫月} = 360 \text{ 宫日}$$

$$65 \text{ 宫日} = 67 \text{ 太阴日}$$

$$11312 \text{ 太阴日} = 11135 \text{ 太阳日}, \text{即 } 64 \text{ 太阴日} \approx 63 \text{ 太阳日}$$

$$147056 \text{ 宫日} = 149209 \text{ 太阳日}$$

$$1 \text{ 太阳日} = 60 \text{ 漏刻}$$

太阳日的定义是:“从日出到次日日出的时间间隔”,也就是一昼夜的时间。太阳年和太阳月则均无重要的天文学意义。

宫年的定义是:“太阳沿天上十二宫运行一周的时间,同时也是地上四季循环一周的时间”。按这个定义,前一句指的是恒

星年,后一句指的则是回归年。时轮历没有把两者区分开来。但按其所给的数值看,宫年应是指恒星年。体系派说,太阳6714405日运行18382周。即:

$$\begin{aligned} 1 \text{ 宫年} &= 365.270645 \text{ 太阳日} \\ &= 371.076923 \left(\text{即 } 371 \frac{1}{13} \right) \text{ 太阴日} \end{aligned}$$

宫月的定义是:“太阳行经135弧刻所需的时间”,即一个恒星年的 $\frac{1}{12}$,也就是两个节气的时间长度。

宫日的定义是:宫月的 $\frac{1}{30}$ 或太阳运行4弧刻30弧分所需的时间。

太阴月的定义是:“月相黑分、白分变化的周期”,它显然就是朔望月。体系派给出的数值是:

$$\begin{aligned} 1 \text{ 太阴月} &= 29 \text{ 日 } 31 \text{ 刻 } 50 \text{ 分 } \frac{45 \frac{345}{707}}{67} \text{ 息} \\ &= 29.530587 \text{ 太阳日;} \end{aligned}$$

作用派只取29日31刻50分,息位舍弃不用。

太阴日是时轮历中一个有重要作用的特殊概念,它的定义是:“太阴月的三十分之一”,即

$$\begin{aligned} 1 \text{ 太阴日} &= 29.530587 \text{ 太阳日} \div 30 \\ &= 0.9843529 \text{ 太阳日} \end{aligned}$$

它只是一个平均值。因为,时轮历认为,月亮在每个太阴日内所行的弧长是相等的,而月亮的运行速度是不均匀的。这样,每个太阴日的长度就是不相等的:月行速时太阴日就短,最短日为54漏刻;月行慢时太阴日就长,最长日为64漏刻。也就是说,在每个太阳日(一昼夜)中,太阴日开始和结束的时刻都是不相等的。

时轮历在编制历书时,要逐日算出每个太阴日的结束时刻,

并根据太阳日和太阴日的关系确定复日和空日,并确定月份的大小。另外,在判断某月是否会发生日食或月食时,也要根据该月望日或晦日的太阴日的结束时刻,推算出该时刻太阳、月亮和黄白交点的真黄经,看它们之间的差数是否在食限之内,才得得知。因此,太阴日对于时轮历的历书安排和日月食预报来说,是一个十分重要的时间概念。

恒星月在时轮历中被称作“月亮周”,约等于 27.32174 太阳日。该数值与今测值 27.32166 日相差甚微。

时轮历中没有关于近点月的术语,但在计算月亮的不均匀运动时,给出了一个比太阴月小 $2\frac{1}{126}$ 太阴日的周期,约等于 27.55407 太阳日。该数值与近点月的今测值 27.55455 日已很接近。

时轮历的纪元有:释迦纪元、夏迦纪元、海空火纪元和胜生周纪元等;纪年法有:胜生周纪年、干支纪年等方法。其中,胜生周纪元有较明确的天文意义,它以公元 1027 年(胜生年)为元年,据说在该年,日月、五星及罗喉(黄白交点)、长尾(彗星)等九曜都处在相同的方位,诸曜的一切运行数据都从零开始起算。胜生周纪年以 60 年为周期,每年各有一个专名,但由于这些专名不便记忆,人们通常采用阴阳、五行、十二生肖来配合纪年,而把 60 年周期称为胜生周。胜生周以公元 1027 年为第一周的第一年丁卯(称作阴火兔年),公元 2000 年则为第十七胜生周的第十四年庚辰(称作阳铁龙年)。

二 时轮历的复日、空日和大小月安排

按照时轮历的法则编制的民用历书,有一个独特的现象——太阳日的日序经常出现“复日”和“空日”。造成这一现象的原因,在于时轮历的历书采取了使太阳日序与太阴日日序相对应的原则。具体方法是:每个太阴日的结束时刻所在的太阳

日的日序,要等于该太阴日的日序。大家知道,太阳日和太阴日的长度是不相等的。如前边所述,时轮历的太阳日以“日出”为日界线,规定每个太阳日为 60 漏刻;而 1 个太阴日为 1 个太阴月(朔望月)的 $\frac{1}{30}$,其长度并不固定,会在 54 漏刻至 65 漏刻之间变

化。时轮历以定朔为标准安排月、日,每月第一个太阳日都从朔日开始起算,第一个太阴日都以合朔时刻开始起算,最后一个太阴日则在合朔时刻结束。每个太阴月固定有 30 个太阴日。由于太阳日和太阴日的长度不相等,为了协调两者在日序上的关系,历书上的太阳日日序就会出现“空日”或“复日”现象。

当太阴日小于太阳日,某太阳日内含有连续两个太阴日的结束时刻,那么,该太阳日的日序只能以头一个太阴日的日序为记,让后一个太阴日的日序空缺,从而形成“空日”。例如,某月的太阳日初三内含有太阴日初三、初四两日的结束时刻,则该太阳日应记为初三;又因在下一个太阳日内结束的太阴日日序为初五,则该太阳日就记为初五。这样,历书上的太阳日日序就缺少了初四这一天,从而形成“空日”现象。当太阴日大于太阳日,某太阴日不在与其日序相同的太阳日内结束,而是推迟到下一个太阳日内结束,则前后两个太阳日日序均以该太阴日的日序为记,从而形成“复日”现象。例如,某月第十七个太阴日的结束时刻不在第十七个太阳日内,而是推迟到第十八个太阳日内,则十七、十八两个太阳日的日序均应记为十七;第十九个太阳日及其以后的日子就应从十八开始依次安排日序。

由于每个太阴日中月亮所行弧长是相等的,那么,太阴日较长时,就是月亮在远地点附近运行得较慢的时候,在这个时候,太阳日的日序常会出现“复日”;而太阴日较短时,就是月亮在近地点附近运行得较快的时候,在这个时候,太阳日日序就常会出现“空日”。当然,由于太阴日的平均长度比太阳日略短,即使月

亮没有近点运动,“空日”情况也会出现。

三 时轮历的置闰

时轮历是阴阳历,由于宫年日数和太阴月日数不成整倍数关系,一宫年安排 12 个太阴月,还会多余 11 日,这就要靠设置闰月来协调年和月的关系。

时轮历的置闰原则是:每 65 年中增加 24 个闰月,这相当于每 65 个月中增加 2 个闰月。此法的依据是:体系派的宫年为 365.270645 太阳日,太阴月为 29.530587 太阳日,65 个宫年的总日数正好等于 65 个平年(每年 12 个月)加 24 个闰月所包含的日数:

$$\begin{aligned} & 365.270645 \text{ 日} \times 65 \text{ 宫年} = 23742.5919 \text{ 日} \\ & 29.530587 \text{ 日} \times (12 \text{ 月} \times 65 \text{ 平年} + 24 \text{ 闰月}) \\ & = 23742.5919 \text{ 日} \end{aligned}$$

关于闰月设置的具体时间,由于 65 个月要设置 2 个闰月,即 $32\frac{1}{2}$ 月设置 1 个闰月,也就是每过 1 个月积累闰余 2 分, $32\frac{1}{2}$ 月可积满闰余 65 分,合成一个闰月,这样,当闰余等于或大于 65 分时,即应设置闰月。但在 1827 年成书的《时轮历精要》中,却是在闰余为 48 分或 49 分时置闰。据研究^①,这可能是在采纳了汉历“以无中气之月为闰月”的原则后所进行的调整。因为,时轮历本是以春分(中气)为岁首,即太阳入 12 宫的日期和时刻都应和 12 中气一致,但岁差的作用却使 12 宫和 12 中气的关系发生了移动。《时轮历精要》测得中气已在入宫时刻以后 $8\frac{16}{65}$ 日。因此,若要采用无中气置闰的原则,闰余的计算就需要作适当的调整。由于设置一个闰月(30 天)需要积满闰余 65 分,现相差 $8\frac{16}{65}$

① 黄明信等:《藏历的原理与实践》,北京,民族出版社,1987 年。



日,也就是相差了 $16\frac{32}{65}$ 分,与 65 分相减,即得 $48\frac{33}{65}$ 分,大于 48 而小于 49。在实际使用时只取整数,这就是以闰余 48、49 定闰月的由来。由此可知,晚近的时轮历设置闰月,是以汉历中的节气为标准,已与黄道十二宫脱离了关系。

由于相邻两中气的间距约为 30.5 日,比太阴月要长 1 日左右,所以,中气在每个月内的位置都不会相同,即月初、月中、月末都可能出现中气。《时轮历精要》说:“30 日出现中气时,该月有闰,名为无中气之闰月。”这就是说,如果中气出现在某月最后一天,则下一个月就是没有中气的闰月了。

四 时轮历的日月食预报

关于日月食发生的原因,时轮历认为是罗喉头和罗喉尾这两个看不见的天体在起作用。它们与太阳、月亮同在黄道上运动,但运动方向与日月相反,运动周期为 230 个太阴月,即 6900 个太阴日(合 6792.04 太阳日)退行一周。罗喉头与罗喉尾在黄道上处于相对的位置,分别相当于近代天文学中的黄白升交点和降交点。时轮历认为,它们在朔日与太阳相遇时,就会发生日食;在望日与月亮相遇时,就会发生月食。

所谓相遇,并非要求它们与日月完全同黄经。时轮历规定,月食的食限为 50 弧刻(相当于 360° 制的 $11^\circ.1$),即望日月亮位于罗喉头或罗喉尾前后 50 弧刻范围以内时,必有月食发生。日食也有类似的食限,但情况略为复杂一些。体系派认为,日食只有在以下三种情况才能发生:太阳与罗喉头的黄经差小于 50 弧刻;罗喉头与太阳的黄经差小于 8 弧刻;罗喉尾与太阳的黄经差小于 40 弧刻。

时轮历确定食分大小的方法是:以食限为除数,以食限减日月与罗喉头或罗喉尾的黄经差为被除数,所得的商乘以 10 便是

食分。日月越接近罗喉头、尾,食分越大,全食的食分为10。

时轮历还能根据日月与罗喉头、尾的黄经差,判断日月食的起食方位。关于月食的起食方位,时轮历认为,当罗喉头黄经大于月亮黄经、或罗喉尾黄经小于月亮黄经时,食东北方;当罗喉头黄经小于月亮黄经、或罗喉尾黄经大于月亮黄经时,食东南方;当月亮与罗喉头、尾的黄经相等时,食正东方。关于日食的起食方位,情况则与月食正好相反,分别起食于西南、西北和正西方。这是因为,月食是月亮由西向东进入地影所引起,而日食则是月亮从西向东遮掩太阳所引起。

对于日月食的见食时间,时轮历也有推算。只是月全食从初亏到复圆的时间可达5小时以上,日全食的经食时间可达4小时以上,都比实际可能的时间偏大。

至于食甚时刻的预报,对于时轮历来说就比较简单了。因为,时轮历对每个太阴日的结束时刻都有推算,这样,月食食甚就会永远发生在太阴月中第15个太阴日的结束时刻,日食食甚则会发生在最后一个太阴日的结束时刻。

如上所述,时轮历关于日月食预报已有一套系统的推算方法,它涉及到食限、食分大小、起食方位、食甚时刻和见食时间等各个项目。由于日月食预报是一件十分复杂的事情,只有观测和计算数据达到十分精密的程度,才能取得比较准确的结果。时轮历在没有精密观测手段的情况下,采用根据长期经验总结出的古老方法预报日月食,要想获得满意的效果是不容易的。清朝初期,时宪历传入西藏,藏族历算工作者从此开始并用时轮、时宪两种历法进行推算,使日月食预报的准确性有了进一步的提高。

五 藏族的天文仪器

藏族传统的天文仪器主要有三种:漏壶、圭表和日影尺。

藏族多用单个漏壶计时。漏壶上下一般粗,在靠近底部的一

侧开有一个小孔。为控制滴水速度,还要用一根鸡毛塞在小孔中,以使一壶水正好经一昼夜漏完。藏族计时除了分一昼夜为 60 漏刻以外,还分一昼夜为 12 时辰。因此,用于测量漏壶中水深的木尺上,都刻有表示 12 时辰的 12 大格,每一大格又分为 5 小格。需要知道时间的时候,用木尺插入壶中量一下水深即可。

藏族使用圭表的历史,据文献《多米的金车》记载,可追溯到公元 8 世纪,当时已能利用圭表测影确定二至的日期。后来,有些藏族天文工作者还发现,在南北纬度不同的地方,夏至日中午的表影是不等长的,北方的表影长,南方的表影短。

日影尺(藏语称“土尔只布”)是藏族特有的测时仪器。它的性能类似于日晷,即利用日影变化来确定白天的时间。但这两种仪器的结构和使用方法完全不同。日晷是利用一天中日影方向的变化来确定时间,日影尺则是利用一天中日影长度的变化来确定时间。

日影尺多用一根一尺多长、横截面一寸见方的木棍制成。木棍被等分为七节,除最下面一节为上下等粗的四棱柱形外,其余各节都被刻成上大、下小的倒四棱台形。

使用时,将日影尺直立于平整的地面,记下尺立点和尺影顶端的位置以后,以每节为单位,用日影尺度量影长。然后利用下表(表 7—1,引自《时轮历精要》第 8 章),查取测影日所在月份

表 7—1 时轮历各月的约略数和昼长表

月序	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
约略数	9000	8415	7760	7035	7760	8415	9000	9515	9960	10335	9960	9515
昼长	刻	30	31	32	33	32	31	30	28	27	26	27
	分	0	10	20	30	20	10	0	50	40	30	40

的约略数和昼长,即可方便地算出当时的时间。算式为:

$$\text{所测时间(分)} = \text{约略数} \div (\text{影长} + \text{尺长}) \quad (1)$$

(1)式计算结果的单位是漏分,可进位为漏刻。由于藏族的传统习惯是以日出作为一天的开始,所以,如果观测是在上午进行,(1)式求得的时间即表示从日出时到观测时的时间长度;如果观测是在下午进行,(1)式算得的结果便是观测时到日落时的时间间隔。将(1)式计算数据与所在月的昼长相减,便是从日出时起算的观测时刻。

关于约略数的由来,《时轮历精要》没有介绍。据研究^①,约略数与昼长和日中影长有如下关系:

$$\text{约略数} = \text{昼长} \div 2 \times (\text{日中影长} + \text{尺长}) \quad (2)$$

式中的昼长是指从日出到日落之间的时间间隔,计算时统一用分表示。日中影长经实测,从藏历二月至下年一月,各月的平均值依次为3、2、1、0、1、2、3、4、5、6、5、4,尺长固定为7。这样,藏历二月为春分节所在月份,该月的平均昼长为30刻0分,恰为一昼夜长度的 $\frac{1}{2}$,相当于1800分,而日出至日中的时间则为昼长的一半(900分)。二月日中时的平均影长为3,与尺长7相加等于10。10与昼长之半相乘,便得到约略数9000分。其他各月的约略数也是这样推得的。

利用日影的长度变化来测定时间,是一种构思独特、巧妙的方法。由于太阳的周日视运动较为复杂,昼长和日中影长都是逐日渐变的,而不是按月份跳跃式地变化,所以,用这一方法所测定的时间是有一定误差的,最大可达半小时左右。此法虽然有些粗略,但对于古代藏族的农牧生活来说,还是具有实用意义的。

^① 黄明信等:《藏历的原理与实践》,北京,民族出版社,1987年。

第二节 藏族的医药学

生活在雪域高原上的藏族人民,在与各种疾病长期斗争的过程中,逐渐摸索、积累了丰富的医疗经验和药物知识。另外,他们在对外交往的过程中,也十分注意学习和借鉴其他民族有益的医学理论和医疗经验。公元7世纪和8世纪,唐朝的文成公主和金城公主先后进藏,带去了汉族的医生、医疗器械和医学论著。藏族的医生也不断到内地以及天竺、大食等邻近国家向名医求学问道。经过长期不懈的努力,藏族地区涌现了宇陀宁玛(8世纪)、宇陀沙玛(11世纪)、强巴·南杰查桑(15世纪北方学派)、舒卡·年姆多吉(15世纪南方学派)等一代又一代著名医学家,产生了《月王药诊》(8世纪初)、《四部医典》(9世纪初)等一部又一部医学经典著作,形成了具有鲜明特色的藏族医药学。藏族医学在人体的生理、病理、解剖和生育等基本问题上,建立了自己完整的理论体系;对于内科、外科、妇科、儿科等各个方面的疾病,都有着自己独到的诊断和治疗方法。

下面,主要依据《四部医典》的记载,对藏族医药学作一些简要介绍。

一 生理、病理学

1. 生理学

藏医认为,人的体内存在着三大因素、七大基物和三种排泄物。所谓三大因素,就是“隆”、“赤巴”、“培根”;七大基物,就是饮食精华、血液、肌肉、脂肪、骨髓、精髓、精神;三种排泄物,就是大便、小便、汗液。其中,三大因素居于主导地位,它们支配着七大基物和三种排泄物的运动变化。在通常情况下,上述三者相互协调,维持着人体的正常生理活动。

在三大因素中,“隆”的词义是“气”,它的作用是主理人的呼吸、肢体活动、血液循环、大小便排泄,帮助分解食物和输送饮食精华等。因其所在部位和功能的不同,它又分为维持生命的索增隆、上行的紧久隆、普遍存在的洽布其隆、主消化的麦娘姆隆、主排泄的吐塞隆等五种。

“赤巴”的词义是“火”,它的作用主要是产生热量,维持体温,增强胃的功能,使人知饥渴、能消化、长气色、壮胆量、生智慧。按其所在部位和作用的不同,它又分为主消化的赤巴觉久,主气色的赤巴同以,主胆量、智慧的赤巴多赛等三种。

“培根”的词义是“水”和“土”,它的作用主要是磨碎食物,增加胃液,使食物易于消化吸收;司味觉,输送体液和营养,保持水分;长肌肉、润皮肤、调节人们胖瘦;使睡眠正常、性情平和等。因其所在部位和作用的不同,它又分为保持水分的培根登及,磨碎食物的培根虐及,品辨味道的培根娘及,使人知足的培根寸及、润滑关节的培根局尔及等五种。

三大因素的作用虽然有所区别,但它们并不彼此孤立,而是相互配合,统一地进行活动。例如,食物的消化过程就是先由培根虐及磨碎食物,再由赤巴觉久将磨碎的食物加以腐熟分解,由麦娘姆隆负责过滤、区分清浊,使糟粕移入大肠,精华被人体吸收。

藏医认为,在七大基物当中,饮食精华是最为重要的,因为,其他六种物质均是由它转变而成。另外,血液的作用是滋润身体,维持生命;肌肉的作用似围墙,能保护身体;脂肪的作用是柔润身体,养悦气色;骨骼的作用似支架,能支撑身体;骨髓的作用是生精种,而精种的作用是生殖。至于大便、小便、汗液三种排泄物,均为体内排除的废物。不过,汗液还有滋润皮肤的作用。

2. 病理学

藏医认为,在正常人的体内,三大因素、七大基物和三种排泄物之间保持着相对平衡。然而,一旦外部环境发生变化,使体

内生理平衡被破坏,就会引起疾病。特别是三大因素中某一因素的功能亢进、低下或者与其他因素不协调了,不仅会引起隆病、赤巴病或培根病,而且会导致其他疾病的发生。

另外,根据人们在体型、体质方面的不同情况,藏医还把人为隆、赤巴、培根三种类型,认为隆型人的特点是:身体消瘦、面色灰黄、怕冷、爱说话和唱歌、爱吵架、性格活泼等;赤巴型人的特点是:多汗、易饥渴、面色发黄、个性强;培根型人的特点是:身体肥胖,脸色发白,怕冷,嗜睡,性情温和。体型、体质一方面可反映人的某些生理特点,另一方面又与疾病的发生有一定关系。

藏医认为,疾病发生的原因有内因和外因之分。与内因关系较密切的是人的类型和年龄:隆型人和老年人易患隆病;赤巴型人和青年人易患赤巴病;培根型人和小孩易患培根病。外因则主要包括季节气候、地区环境和饮食起居条件等方面的变化:培根病多发生于春季,隆病多发生于夏季,赤巴病多发生于秋季;寒冷易引起隆病,干燥炎热易引起赤巴病,潮湿易引起培根病;在饮食起居方面,过饥、过饱、过度劳累、思虑过多等等,均可引起体内三大因素的紊乱和功能失调。在外因和内外的共同作用下,疾病是很容易发生的。

藏医认为,疾病侵入人体的途径一般是由表及里,经过皮肤、肌肉、血液、骨骼,到达五脏六腑。而且隆、赤巴、培根三类疾病在人体中也不是自始至终固定不变的,如果治疗不当,受到体内因素或外界环境的影响,三类疾病是可以互相变化的。例如,隆病用苦寒药物治疗,不仅隆病治不好,反而会引起赤巴病或培根病的发生。同样,赤巴病和培根病亦可转变为其他疾病。隆、赤巴、培根三类病的变种共有十二种。此外,隆、赤巴、培根三大因素既可单独致病,亦可二因素或三因素混合致病。

不过,藏医认为,尽管疾病多种多样,但均可归纳为寒、热两大类。隆病、培根病和慢性病,都属于寒性病;而赤巴病、血液病

和急性病,则都属于热性病。

据研究,隆、赤巴、培根三大因素理论是藏医在自己的医疗实践基础上,吸收了天竺吠陀医学三毒学说的内容,加以融合改造而成的^①。

二 解剖、生育知识

1. 解剖知识

在人体解剖方面,藏医吸收了汉族医学的脏腑学说,认为人体的内脏器官可概括为五脏六腑。其中,五脏是指心、肝、脾、肺、肾;六腑是指胃、小肠(相当于十二指肠)、大肠、胆、膀胱、“三姆休”(相当于中医的三焦,但功能与三焦有所区别)。藏医还采用类比的方式,称心脏相当于“国王”,肺相当于“大臣和王子”,这与中医的“心为君主之官,肺为相传之官”的说法很相似。

在公元18世纪以前,由于宗教的统治和影响,藏医曾长期认为心脏的位置在胸腔正中,而且心尖朝上。17世纪末,名画家兼藏医洛扎·丹增罗布在亲自解剖了一些尸体后,从唯物态度出发,冲破正统宗教观念的束缚,画出了新的人体解剖图,正确地把心脏画在了胸腔偏左的位置,并使心尖朝左下;对于气管与肺,以及腹腔内各脏器的位置和形状,也都描绘得更加符合实际情况,为藏医解剖学的进步做出了重要贡献。

藏医还认为,人体的骨骼共有360块,还有牙齿32颗,肋骨24根,四肢大关节12个等等(参见图7—1)。

2. 对神经与血管功能的认识

藏医认为,人体内有各种脉络。其中,连接人体内外的叫做联接脉,联接脉又分为白脉和黑脉。脑为白脉之海,白脉像树根

^① 洪武煌:《中国少数民族科学技术史丛书·医学卷》,南宁,广西科学技术出版社,1996年,101页。



图 7—1 藏医的人体骨骼与脉管知识图^①

一样,自脑向脊髓内伸出一支较粗的白命脉,再由脊髓发出若干分支,分布于四肢及五脏六腑。白脉主管感觉和运动,隐藏于体内,外面用肉眼看不见。如果某处白脉受伤,相应部位的人体便丧失其功能,不能活动。这表明,白脉实际上相当于神经系统。如,从坐骨大孔发出的一支大的白脉,即相当于坐骨神经。

黑脉可以用肉眼从外面看见。黑脉上的某些部位是医生放血疗法的穴位。这表明,黑脉是为静脉血管。黑脉不跳动。另有跳动的脉叫做“如玛脉”,与心脏相连接。这表明,如玛脉是为动脉血管。

总之,脉络是气血的通道,是维持整个人体正常活动的生命线。在公元 9 世纪初,藏医对神经和血管的功能就已有以上这些认识。

3. 对月经周期和胚胎发育的认识

藏医认为,妇女 12 岁来月经,每月一次,50 岁绝经。来月经时,妇女常有腰部和下腹部胀痛,乳房发胀,情绪不稳定等表现。妇女怀孕后,一般要经历 38 个周期分娩。

^① 摘自日琼仁颇且·甲拜衮桑:《西藏医学》,拉萨,西藏人民出版社,1982 年。

藏医还认为,胚胎在发育过程中,要经历类似于水生脊椎动物的鱼期、类似于爬行脊椎动物的龟期、类似于哺乳动物的猪期等体现动物进化过程的几个阶段;胎儿之所以能够发育成熟,是母亲的营养物质通过脐带供给胎儿的结果。如,《四部医典》说:

胎儿发育其因脐带上,
子宫左右二脉通脐带;
因之母体摄食化食糜,
渐次输往胎内供增长。^①

在欧洲,直到公元16世纪,意大利医学家哥伦布(Columbus)才提出了“胎儿由纯净而完美的血液通过脐静脉营养”的观点,这比藏医学的正确观点的时间上晚了八百余年。^②此外,藏医关于妇女妊娠早期反应,怀孕后应注意的事项,以及分娩征兆的认识,也与现代医学基本一致。

三 疾病诊断术

藏医把对疾病的诊断叫做“认病”,认病的依据是疾病的征候。认病的方法主要有问诊、望诊和触诊三种。

1. 问诊

藏医认为,在问、望、触三诊之中,问诊最为重要。凡是与疾病有关的情况,如生病的原因,起病的时间,病人的自我感觉和症状,用药的情况,发病的季节、气候和饮食起居情况等,都要仔细询问;特别是病因,患病的部位和症状,一定要问清楚。

例如,在病因方面,藏医认为,炭疽病是因吃了有病的动物的

① 宇陀·元丹贡布等:《四部医典》,北京,人民卫生出版社,1983年,19页。

② 刘尔年:《试论西藏医学与佛教的关系》,见《西藏的魅力》,拉萨,西藏人民出版社,1999年,342页。

肉所引起;浮肿是因饮食不当,不能给肝脏输送饮食精华,黄水被驱散到全身的结果;雪盲是因在雪地行走时间过长所致;痔疮和脱肛,是因腹泻过多、骑马时间过久或大便干燥所引起,等等。

2. 望诊

藏医认为,不同的病会有不同的症状表现,所以,对于病人的神色、体型、肤色、大便、小便、痰液等,都要注意观察。如,炭疽病的症状是全身发烧,局部皮肤起小疹、破溃、呈黑色、有渗液流出;头部外伤造成头骨凹陷者,会引起病人昏迷不醒或有呕吐,如抢救不及时,几天之内就会死亡,等等。

藏医十分重视通过观察病人的舌质和舌苔认病。认为隆病病人的舌质红,舌苔干而粗糙;赤巴病病人的舌苔黄而厚;培根病病人的舌苔白而滑等。

藏医还很重视观察尿液诊断疾病。其方法是,首先观察尿液的颜色和冒热气的情况,嗅闻其气味;然后用一根细棒搅拌尿液,观察尿的泡沫的多少、大小、颜色、消失快慢,尿中沉淀物的有无及形状等情况。藏医认为,热性病人的尿呈红黄色,气味大、有臭味,尿的热气维持时间长,泡沫稀少呈黄色,且消失快,沉淀物如乱云状;而肾有病者,尿中沉淀物形如沙粒。

3. 触诊

藏医的触诊方法主要是切脉。切脉的部位与中医基本相同,亦分寸、关、尺三脉,且它们的藏语发音也与汉语相近,分别称作“寸”、“甘”、“恰”。切脉的手法分浮取、中取、沉取三种。寸、关、尺三脉所代表的脏腑,男女略有区别。男子左手的寸、关、尺脉分别代表心脾、左肾及“三姆休”;右手的寸、关、尺脉分别代表肺、肝、右肾。女子的寸脉所代表的脏腑,左手为肺、右手为心,其余和男子相同。

藏医认为,正常的脉搏在一息(一呼一吸)的时间里跳五次,柔和而有规律;多于五次者有热,少于五次者有寒。脉象因病而

异,主要分为12种:热性病的脉象为数、洪、大、弦、滑、硬;寒性病的脉象为沉、迟、弱、细、浮、虚,各种病症均有其表现的脉象。

藏医认为,脉诊与望珍相结合,可判断病人是否死亡。若病人出现以下情况,可断定他已死亡:心脉摸不到,舌中间发黑者;肺脉摸不到,鼻翼下塌者;肝脉摸不到,下唇外翻者;肾脉摸不到,耳向后听不见声音者。

四 疾病治疗术

藏医治疗疾病,既用内服药物,又有外治方法,对饮食起居也很重视。

1. 内服药治病原则

在内服药方面,藏医主要是根据“寒者温之”、“温者寒之”的原则,因此,藏药的方剂均有寒性和热性之分。由于各种疾病具有不同的特点,就需要根据药物的性味、效能,针对病情而选择用药。除此之外,还要注意掌握以下一些治疗原则。对大病或重病,要以药物治疗为主;对小病或轻病,以调理饮食起居为主,辅以药物内服和体外治疗;对久病或用药后不见好转的患者,要认真分析用药是否恰当,认病是否准确,然后对症给以继续治疗;对单一疾病,要采取果断措施,以免并发其他疾病;如有两种以上的病同时存在,应分清主次轻重,首先医治较严重的疾病;要全面考虑病人各方面的情况,正确使用药物剂量;对疾病恢复阶段的病人,要注意善后调理,以防复发,等等。

2. 体外治疗方法

藏医的外治疗法多种多样,它们包括按摩法、灸法、拔罐法、外敷法、药物外治法、穿刺法、放血疗法,等等。

藏医特有的放血疗法,是用小刀切开人体某些部位的浅表静脉,放出少量的血液,以达到治疗某些疾病的目的。例如伤肿、伤口久不愈合、牛皮癣、某些类型的麻风病等,均可采用放血

疗法。但接受此疗法的患者必须身体强壮,体弱者、老人、小孩、孕妇均不宜采用。

灸法在藏医中使用较普遍,它包括火灸和针灸。灸治的穴位,有许多与中医针灸的穴位相同。如,头部灸治的穴位主要有百会、地仑、人迎等;背部灸治的穴位主要有膈肌穴、肝穴、赤巴穴、脾穴、胃穴、肾穴、膀胱穴、三姆休穴等,它们分别相当于中医的膈俞、肝俞、胆俞、脾俞、胃俞、肾俞、膀胱俞、三焦俞。藏医和中医的上述穴位不仅位置相同,主治的疾病也基本一致。

藏医的外敷法包括热敷和冷敷。热敷多用于治疗消化不良的胃寒症、急性疼痛症;冷敷多用于治疗热病和炎症。

藏医的药物外治法包括熏药法、药水浴、药物擦身等。其中,药水浴、药物擦身常用于治疗瘫痪、关节炎、四肢肌内萎缩等慢性疾病。

五 药理学

藏药的取材和中药一样,主要取材于植物,另外还取材于动物和矿物。藏药的炮制方法有水制、火制、水火兼制三种。藏药炮制的辅助物质,常采用藏民饮用的牛奶、酥油、青稞酒等。藏药的剂型可分为汤剂、散剂、丸剂、膏剂、药酒等多种,其中散剂和丸剂是主要剂型。据统计,《四部医典》共收载方剂 443 方,单药 1002 种^①。

由于藏医把所有疾病归纳为寒症和热症两大类型,所以藏药也被分为寒、热两大类,治疗“寒症”用热性药,治疗“热症”用寒性药。

藏药学认为,药材的生长来源于土、水、火、气、空等五行,土为药材生长的本源,水为药材生长的汁液,火为药材生长的热

^① 西藏自治区藏医院:《藏医学〈四部医典〉浅析》,载《西藏研究》1984 年第 2 期。

源,气为药材生长的动力,空为药材生长的空间。因此,根据药材的颜色,可得知它们的五行属性,即黄色或淡黄色的药材属土,白色的药材属水,红色的药材属火,绿色的药材属气,蓝色的药材属空。

藏药学认为,药材的不同属性,决定了它们不同的性质和功效。土性强的药材味甘,具有重、稳、钝、柔、润、干之性,具有强筋骨、增体力、滋补强身之效,可治隆病。根、茎类药材大都属于土性。水性强的药材味涩、酸,具有凉、寒、润、稀、钝、软、柔之性,具有使七大基物聚集、增生肌肉之效,可治赤巴病。皮和叶类药材大都属于水性。火性强的药材味辛、涩,其功入中,具有促进七大基物成熟、助消化、促吸收、增生体热、荣润肤色之效,可治培根病。大部分花类、种子类药材都属于火性。气性强的药材味苦、涩、咸,具有强筋骨、通经活络、增生体温,收敛疮疡、促进七大基物运行之效,其功上行。皮类药材大都属于气性。空性强的药材具有其他四性药材的通性,其功能通行全身无阻,舒胸宽腹,遍及肢体,适用于一切疾病。果实及种子类药材大都属于空性。

藏药学还认为,药材共有甘、苦、酸、辛、咸、涩等六味,药味不同,则功效也不同。甘味具有增强体力、补气固本、荣润肤色、开窍舒胸、生肌愈疮、干黄水之功效;苦味具有清血热和赤巴热、健胃舒胸、增生腹肌的功效;酸味具有健胃消渴、增生体温、生培根的功效;辛味具有增生胃温、健胃消积、镇静催眠、驱杀肠胃寄生虫、荣润肤色的功效;咸味具有熄风镇静、消肿化积、消烦渴、增生体力、生血、生赤巴、干黄水、下死胎的功效,但对麻疯病、痘疹、疮疖有害;涩味具有通淋止泻、复苏开窍、荣润皮肤、驱虫之功效。藏药学还认为,在这六味之中,甘、酸、苦为“三化味”,即服药以后,不同的药味都会转化为这三种味:甘、咸化为甘味;辛、涩、苦化为苦味;酸仍化为酸味。

藏药学还认为,各种药物的性能共可分为寒、热、轻、重、钝、锐、润、糙等八种。药性重、润、寒、钝的药物可治疗隆病、赤巴病;药性轻、糙、热的药物可治疗培根病。

藏医认为,药物既有利于内服的,也有用于外治的;用药的处方既有复方药,也有单方药。复方药的用药少则几味,多则几十味。如,止鼻血的“二味三棵针方”是由三棵针内皮和藏茵陈二味药组成,而“七十味珍珠丸”是由70味药组成,“常觉漆木解毒丸”则是由130味药配成。

藏医还认为,药物内服的时间和方法,都要结合隆、赤巴、培根三大因素在一天之内的变化和时间来考虑。这也是藏族医药学区别于其他民族医药学的独特之处。

综上所述,《四部医典》是一部集古代藏族医药学之大成的典籍。它内容丰富,有独特的、较完整的理论体系,强调整体观念,并且与西藏高寒地区的地理气候条件相适应,直到今天,仍在有效地指导着西藏医药事业的临床实践。另外,《四部医典》还配有彩色挂图79幅,用绘画的方式把书中的主要内容生动形象地表现出来,便于人们学习和理解藏医藏药。这些挂图是藏族医学和绘画艺术相结合的产物,是祖国医药学宝库中的奇葩。

第三节 藏族的“唐卡”

一 “唐卡”——藏族的卷轴画

“唐卡”,是藏语的音译,是指一种卷轴画。这种卷轴画的质地、品种繁多,较为常见的是在布面或纸面上进行彩绘,然后用锦缎装裱而成。此外,还有许多刺绣、贴花(布贴)、织锦等织物唐卡,把珍珠染色后串制编织而成的珍珠唐卡以及印刷着色的唐卡等。

在我国,唐卡主要是藏族地区特有的一种艺术品。由于我国藏族居住区在很久以来就形成了“政教合一”的社会形态,人们普遍信奉喇嘛教(佛教),宗教思想和宗教活动在藏族人民的心目中占有十分突出的地位。所以,唐卡作为一种绘画形式,一种宗教绘画艺术,是以绘画的语言来向广大信徒们宣传宗教的理论、宗教的历史、宗教的故事等等。虽然其内容包罗万象,但主要是以宗教为题材的绘画艺术。唐卡作为藏传佛教所特有的绘画艺术而被西方人称之为“色胶画派”。

二 “唐卡”的制作技术

唐卡的历史可以追溯到唐朝吐蕃松赞干布时期。在明清时期,唐卡艺术发展到了一个高峰。杨秋莎先生在《藏族唐卡及其绘制工艺》一文中指出:

在这一时期也形成了不同风格的画派,主要有前藏、后藏、西康地区和专门模仿内地画法的汉风画派。各画派都有各自的特点,使唐卡绘画技艺活泼多变,优美多姿。^①

本节中的主要内容除已经注明的之外,均摘自杨先生的该文,以下不再注明。

唐卡比较常见的是布画彩绘,即以布料为底,在上绘制。彩绘唐卡的工艺制作过程,首先是挑选布料,一般多选用棉织漂白布,裁成竖长方形,然后将画布绷在木制画架上,涂上一层胶质白粉,再用光洁的石头磨光,使画布洁白、美观、光滑、平整。

唐卡备料工作后的第二阶段是绘画。绘画虽有不同的画法工艺,然而比较相同的一点是:在唐卡的绘制过程中,常用的颜

^① 杨秋莎:《藏族唐卡及其绘制工艺》,载《四川文物》,1990年第1期。



料大都是金、银、朱砂、雌黄、雄黄等天然矿物颜料。特别是绘制的唐卡,其着色的最后一道工序是“描金”,即是用真正的黄金磨制成的金粉,调以牛胶,用毛笔勾描,从而使绘制的唐卡显得富丽堂皇,光彩夺目。

唐卡绘制好后,要进行装衬。这就同国画装裱一样,目的是使画面更加牢固、美观,也是为了便于唐卡的舒展、张挂,适应人们观赏的要求。

镶边是唐卡装衬工序中重要的一环。一般是采用锦缎镶边,有简单的也有比较繁复的,繁复的镶边都是采用多道不同颜色的锦缎镶制而成。

从工艺上看,唐卡的装衬也有多种形式。总的来说,与国画比较起来,唐卡的天地头留得比较宽,并在地头上常采用“双龙戏珠”、“凤凰牡丹”、“吉祥八宝”等图案进行装饰,藏语称之为“通究”;而在天头上常用织锦等进行装饰,使画面显得更加绚丽多彩。

唐卡正面缝制完毕,背面还要用布或绸缝上缠里,使其整齐、结实。

唐卡正面通常加一道遮幔,多用黄色绸布制成,从天头上部垂下来,藏语称之为“些克布”。遮幔可以遮挡灰尘和阳光,起到保护唐卡画芯的作用。有些数百年前绘制的唐卡至今色泽不变,保存完好,不仅与使用的布料有关、与使用的天然矿物颜料有关,也与遮幔的保护作用有关。

镶边、遮幔工序就绪后,还要装上天杆、地杆、轴头,最后才将画芯缝钉在装衬的空档之内,并在画芯与衬边结合处的四边镶上一道白丝绳的牙子,有的在最外边也镶上一道牙子。^①

据杨志军先生在《六世班禅唐卡像》一文中介绍,在河北省承德市须弥福寿之庙的吉祥法喜殿内,珍藏着一幅班禅的唐卡

^① 杨秋莎:《藏族唐卡及其绘制工艺》,《四川文物》,1990年第1期。

像,此像是六世班禅于乾隆四十五年(1780年)七月,在承德为乾隆祝寿时,乾隆命宫廷画师所绘。这幅六世班禅的唐卡,为布本彩绘,纵125厘米、横68厘米,上面绘有六世班禅端坐说法像及有关的佛像等,以青山绿水为背景,体现出强烈的汉画风格。^①

杨志军先生指出:

唐卡“作为藏传佛教所特有的绘画艺术而被西方人称为‘色胶画派’。一幅唐卡的制作是一个繁琐的过程。首先要把画布用石灰水浸泡,软化布质,然后用石块把布反复磨压,最后刷上水胶粉液。处理过的画布,表面柔软平滑而且不露布孔,便于绘制精致的形象。绘制又可分为起稿、涂底色、分色晕染、勾线、描金、整理六大步骤。画制成后,四周镶以锦缎,上下贯以木轴。为了防止油烟和灰尘的污染,还要在唐卡的上面加一层丝绸幔子。……六世班禅的这幅唐卡也是如此制作而成的。”^②

唐卡作为一种文化遗产,不仅为藏族名流所收藏,普通的藏民家中也多有悬挂。尤其是藏族的经堂中必挂唐卡。藏族寺庙里大多用天窗采光,微弱的光线透过天花板投射在室内,使室内气氛显得森严,而布满室内的壁画、唐卡则给寺庙经堂增添了神秘的豪华感。

除绘制的唐卡外,织锦唐卡也使用得较多。如四川省博物馆收藏的历代班禅织金锦缎像,是九世班禅的经师刘家驹在杭州都锦生产合作社订制的。这种织锦唐卡,色彩艳丽,富丽堂皇。

第四节 彝族的天文历法

彝族是我国西南地区人口最多的少数民族,她以大分散、小

①② 杨志军:《六世班禅唐卡像》,载《中国文物报》,2000年5月31日。

聚居的方式主要分布在流经川、滇、黔三省边界的长江上游的金沙江两岸的山区。在漫长的历史进程中,彝族各地区的社会经济发展很不平衡。解放以前,大部分彝族地区都已先后进入了地主经济占主导地位的封建社会。可是,彝族最大的聚居区——四川凉山地区,直到1956年民主改革以前,仍然停滞在落后的奴隶制社会阶段。在这里,社会经济已是以农业为主、畜牧业为辅,但生产力的发展比较缓慢,手工业还没有从农业中分离出来,商品生产与交换都没有获得充分的发展。占总人口不到百分之十的黑彝奴隶主残酷地统治着广大白彝奴隶,对奴隶们保持着生杀予夺的人身占有权。各黑彝家支互不相属,冤家械斗频繁发生。唐宋时期,彝、白族等族先民曾建立过南诏等统一的政权。但从元朝开始,彝族各部就未再形成过自己的统一政权。

彝族有自己共同的语言、文字和宗教。彝语属汉藏语系藏彝语支。彝文是一种古老的音节文字,彝族人民曾用它写下许多历史书籍、宗教经典和优美的诗篇。彝族的宗教是原始宗教——巫教。另外,彝族人民还创造了独具特色的天文历法。不过,在民主改革以前,包括天文历法在内的各种彝族文化知识,主要掌握在黑彝奴隶主和宗教活动者毕摩(巫师)的手中。

下面,就对彝族独特的天文历法知识作一综合介绍。

一 彝族历法

1. 独特的十月历

20世纪三四十年代,一些历史学者在对四川大、小凉山彝族地区进行考察的过程中,发现那里的彝民使用着一种分一年为十个月为独特历法。

1934年,由常隆庆、施怀仁、俞德俊等12人组成的考察团,在四川雷波、马边、峨边、屏山等县的彝族居住地区考察时了解

到:

倮倮(彝族自称)之历法,用十二支记日。依子、丑、寅、卯、辰、巳、午、未之次序,而以鼠、牛、虎、兔、龙、蛇、马、羊、猴、鸡、狗、猪为各日之称呼。周而复始,与汉人相同。其推算之十二支,亦与汉人历书所载者相同,即汉人定是日属牛,凉山亦同为属牛之日。此盖毕摩记干支之法,胥由汉人得来者也。凡积三十支为一年,约分为十月,每月三转,共三十六日。但与汉人交涉时,亦以三十日为一月。每在十月中,即举行过年节,日期临时请毕摩选择,若过年之时,有人死亡,即永不用是日过年,故彼等过年之日,互不相同,可差至一个月以上^①。

1938年至1939年,在西康做官的李亦人对越西、冕宁、九龙三县的彝族进行过调查。他发现:

夷人计日,用鼠、鸡、龙、虎等字。其次序日子与汉人所用属象相同,惟以三十六日为一月,十个月为一年。

夷人历法用十二支纪日,依子、丑、寅、卯之次序,而鼠、牛、虎、兔、龙、蛇、马、羊、猴、鸡、狗、猪为各日之称呼,周而复始,与汉人相同。其推算以十二支,亦与汉人历书所载者相同。即汉人定是日属牛,凉山亦同属牛之日。凡积三十支为一年,均十分为月,每月三转共三十六日^②。

1940年冬,云南大学教授江应梁在凉山彝族地区调查了三个多月。他了解到:

① 常隆庆等:《雷马峨屏调查记》,载《中国西部科学院特刊》第一号,北平,大石作大学出版社,1935年。

② 李亦人:《西康综览》,正中书局,1941年。

大小凉山中统一地行使着一种历法,非阳历也非阴历,是把一年划分为十个月,每月固定为三十六日,用十二支来记日。十二支的名称及排列顺序均与汉地相同,但没有十干,所以只单纯地呼为鼠、牛、虎、兔、龙、蛇、马、羊、猴、鸡、狗、猪,每轮转三周,便是一个月;每轮转三十周,便是一年,计三百六十日。三十周轮完后,另有五日不属任何一周,称为过年日。夷人便在这五日中,由毕摩任择二日(各部落的日期不必一定),杀猪、饮酒,一如汉地之过新年。每隔两年,也把这过年日加多一天,这恰恰合于闰年之数。据说,历法及十二支代表的日子,都是由毕摩排定的^①。

以上调查所得的情况大同小异,都表明彝族人民曾经使用过一种既不同于现行公历(俗称“阳历”),也不同于汉族农历(俗称“阴历”)的十月历法。这种历法不考虑月相的圆缺周期,不以朔望月作为基本记时单位,而是以十二生肖的三周——三十六日作为基本记时单位“月”,以十二生肖的三十周(360日)加五六个过年日为一年。

解放以后,有人在彝族地区调查到类似的情况。如,1983年初,彝族学者阿苏大岭等在云南宁蒗县向一些老毕摩调查时,了解到当地过去同样使用过十月历^②。

彝族人民使用过十月历的历史,不仅出自一些被调查者的口述,也为一些彝族历史文献所证实。20世纪80年代,云南江

① 江应梁:《凉山彝族奴隶制度》,广州,清华印书馆,1948年。

② 阿苏大岭等:《关于云南小凉山彝族十月太阳历的调查及其分析》,《自然科学史研究》1984年,第3期。

河哈尼族彝族自治州发现了一部彝文手写文献《天文历法史》^①。该书抄于清光绪二十年十二月(1835年1月)。书中除了用数字称谓一年十个月份以外,还载有十个月份的专名。这些月名如表7—2所示:

表7—2 彝族文献《天文历法史》中的月名

月 序	一	二	三	四	五
月名音译	兀亨罗	居亨罗	突亨罗	审亨罗	元亨罗
月名义译	元 月	祭祖月	白 月	黄 月	阴阳交替月
月 序	六	七	八	九	十
月名音译	成亨罗	施亨罗	亨罗义	义乍莫	威克兀亨罗
月名义译	影迁月	植物成熟月	新生月	高 月	祭祖过年月

另外,四川凉山发现的一部名为《日月星辰书》^②的彝族文献中,记有如下内容:

肖属有十二,一周十二日,三周一个月。一年十个月,三百六十天,多余有五,娱乐庆丰年。

巧手阿嫫给,日夜搓羊毛,一月搓一捆,一年搓十捆。日夜编裙子,一月编一件,一年编十件。一年十个月,三百六十天忙过了,还有剩余的五天,盛装打扮贺新年。

总而言之,无论是民间调查,还是彝文文献的记载,都证实彝族十月历一年的长度是365日,与回归年的长度相当;而其每月的长度恒定为十二生肖的三周“三十六日”,与朔望月完全无

① 李维宝等:《滇南十月历史文献〈天文历法史〉的发掘和研究》,载《中国科技史料》1990年,第4期。

② 朱叶译:《日月星辰书》,载《民族》1991年,第12期。

关。这说明,彝族十月历是一种只考虑太阳回归年周期的纯阳历。与汉族的兼顾回归年与朔望月两个周期的阴阳历——“农历”相比,彝族十月历每月的日数整齐划一,既便于记忆,又便于推算,其在实用方面所表现出的优越性是十分明显的。

在中外历法历史上,纯阳历并不少见。首先,世界上现行的公历就是其中之一。其次,北宋科学家沈括所提出的以十二节气为一年的“十二气历”^①,清代太平天国所颁行的类似于沈括十二气历的“天历”,都属于纯阳历。另外,古埃及人和美洲的古玛雅人都使用过每年为365日的太阳历。只不过古埃及人是分一年为12个月,每月30日,余下的5日放在岁末,专供庆典之用;而玛雅人则分一年为19个月,其中大月18个,每月20日,共360日,第19月为小月,只有5日。很显然,彝族十月历与上述这些太阳历都不相同,是一种具有自己特色的民族历法。

2. 类似于农历的十二月历

由于长期与汉族交往,一些受到汉族文化影响的彝民,也使用了兼顾回归年和朔望月、分一年为十二个月的阴阳历。如,民国二十六年(1937年)编纂的《西昌县志》记曰:

傈夷历法,与汉族之阴历同。无历书,仅凭望月观星,推算记忆,简而不差。各傈夷中多有能推之者。每年分为十二月,每月三十日或二十九日,以月圆之日为中,前半月为明,后半月为暗。每日分为十二时。积年之余日,至三年则加一月,犹阴历之闰也。其记年、月、日、时,不以数字,只用十二地支,周而复始,不以天干相配。所谓十二地支,亦不称子、丑、寅、卯,而称其属象为鼠、牛、虎、兔。如:子年曰鼠年,丑月曰牛月,寅日曰虎日,卯时曰兔时之类。以建子之月为岁首,即阴历十一月也。

① 参见本书第四章第七节《成就斐然的科技典籍——〈梦溪笔谈〉》。

1977年,笔者与陈宗祥、邓文宽等在四川凉山调查时发现,十二月阴阳历在那里的使用已相当普遍,所用历法的基本面貌与民国《西昌县志》所记相同^①。

许多彝文典籍也记载了类似的十二月历。如,贵州彝文古籍《西南彝志》记曰:“一年十二月,一月三十天,随天象而定”;“一年十二月,一月一气候”^②。云南彝文古籍《老人梅葛》记曰:“一年十二月,一月三十天;年大十三月,年小十二月;月大三十天,月小二十九天”^③。贵州彝文古籍《彝族创世志》记曰:“一年十二月,三百六十天。红日当空转,一天行一度。一月三十日,十五或十六,月圆明朗朗;三十转初一,月象昏沉沉”^④。

二 确定农时季节的方法

1. 根据物候定农时季节

彝族的十月历是纯阳历,它的每月三十六日的均匀安排,使各个月份与一年之中的农时季节之间有着较好的对应关系。只要气候不发生异常变化,彝族农民根据十月历历书安排农事活动,每年的收成应可以得到基本保证。而如果使用分一年为十二个月的阴阳历,情况就不大一样了。由于一个朔望月约为29.53天,一年安排十二个月,共计354天,与约为365.24天的回归年相差十一天多。为了使各个月份与农时季节之间保持大致的对应关系,十二月阴阳历就不得不每隔三年左右增加一个闰月。然而,即使采用这一措施,月份与农时季节之间的对应关系

① 陈宗祥、邓文宽、王胜利:《凉山彝族天文历法调查报告》,载《中国天文学史文集》,第二集,北京,科学出版社,1981年。

② 《西南彝志》,贵阳,贵州人民出版社,1982年,403页。

③ 《老人梅葛》,云南楚雄州彝族文化研究所印《民族民间文学资料》,第4辑。

④ 《彝族创世志》,成都,四川民族出版社,1991年,3页。

仍有可能出现长达一个月的误差。为了解决这个问题,汉族的农历创立了二十四节气,将回归年平均分为二十四份,每个节气约为15.2天。由于二十四节气具有纯阳历的性质,能与每年的农时季节保持固定的对应关系,所以它自创定以后,便成了汉族农民掌握农时季节的主要依据,而历书中月份的作用则退居到了次要地位。

1977年,笔者在四川凉山州调查中发现,那里的彝族农民虽然使用了十二月阴阳历,但却没有使用二十四节气。他们确定农时季节的方法之一是观察物候^①。例如,昭觉县彝民在栖木树发芽时种荞麦,在刺诺树果实成熟时种玉米;雷波县彝民在莫尾树开花时种荞麦,在布谷鸟叫时种玉米;越西县的一首彝族民谣则唱道:“听见布谷鸟叫,就该耕田种地了;听见蝉儿叫,就该锄第二遍草了;听见金铃子叫,是开镰收割的时候了;听见乌鸦叫,就是天寒地冻了。”

不少彝文文献也有关于根据物候定季节的记载。如,彝族史诗《梅葛》记曰:“李桂鸟叫了,春季就到了;青蛙叫三声,夏季就到了;山上山下知了叫,秋季就到了;雁鹅叫三声,冬季就到了”。^②

由于自然界的物候变化是一个地区气温变化的真实反映,再加上各种农作物的发芽、长叶、开花、结果等生长环节本身就是一种物候现象,人们把种植农作物的时间与其他物候现象联系起来,根据物候现象安排农时,是十分方便而行之有效的方法。包括汉族在内的我国各农业民族,无一例外地使用过这种方法。以汉族的古代文献为例,从先秦时期的《诗经·幽风·七月》、《大戴礼记·夏小正》、《逸周书·时训解》,到秦汉时期的

① 陈宗祥等:《凉山彝族天文历法调查报告》,载《中国天文学史文集》,第二集,108页,北京,科学出版社,1981年。

② 《梅葛》,昆明,云南人民出版社,1987年,79页。

《礼记·月令》、《吕氏春秋·十二月纪》、《淮南子·时则训》，还有元代的《王桢农书》、明代的《农政全书》等历代农学著作，都总结记载了大量用以指导农时的物候现象。

2. 根据天象定农时季节

除了观察物候现象以外，彝族确定农时季节的另一方法是观察日出点和日落点的位置变化。例如：

凉山各地的彝民普遍地知道，在一年之中，太阳升起和落山的地点是不断变化的，冬天偏南，夏天偏北。各地彝民一般是根据日落点的位置变化来定农时的。其具体做法是：在播种季节来临的时候，有经验的老农每天傍晚在一固定地点，或坐在门坎上，或坐在某块石头上；或躺在某三块石头中间，头顶一块，两脚各踏一块；或在朝西的墙壁上凿一洞，来观测太阳落山的位置。当发现太阳是在某山口落下时，就通知人们应该种某种作物了；若看到太阳落山处已移到另一山口时，就告诉人们该种另一种作物了。彝族农民用以定农时的这些落日点，是根据祖辈多年来的经验积累，逐渐选定的。用这种方法确定的播种时间，在通常年景都是比较适宜的。

凉山彝族还发现，落日点在每年冬天南移到某一端点后，就不再南移，要在此端点停留若干天，然后开始回转向北移动。彝族称此南端点为“太阳转向点”。从此，白天开始逐渐变长，夜间开始逐渐变短。到春季（注意，凉山的春季实际上包括夏季）的某一天，落日点北移到某一端点后，就停下来不再北移，要在此点停留若干天，然后回转，开始向南移动。所以，彝族称此北端点为“太阳回归点”。从此，白天开始逐渐变短，夜间开始逐渐变长^①。

① 陈宗祥等：《凉山彝族天文历法调查报告》，载《中国天文学史文集》（第二集），北京，科学出版社，1981年，108～109页。

凉山彝族对日出和日落点随季节变化的观察和认识,是完全合乎太阳周年视运动的规律的。由于地球自转轴倾斜于其绕太阳公转轨道的平面,因而导致太阳每年在夏天直射地球北半部,在冬天直射地球的南半部,太阳相对于世界各地在正午时的地平高度、以及日出日落点的方位,也因此发生季节性变化。凉山彝族虽然没有像古代汉族那样使用圭表测影来掌握太阳在不同季节中地平高度的变化规律,但多山的地理环境却给他们创造了发现日出、日落点因季节不同而不断改变方位的有利条件。由于这种确定农时季节的方法不需要任何仪器,只需记住不同季节里日出、日落的不同山头或山谷就可以了,十分方便实用,因而直到近现代,仍为凉山各地的彝族农民所普遍采用。

一些彝文文献中也有关于以日出、日落方位定季节的记载。如,《西南彝志》卷四在“论日出月设”一节中记述了“一年十二月,太阳运行经过的七条路线”:

正、九两月,日出于乙而入于庚;
二、八两月,日出于卯而入于酉;
三、七两月,日出于甲而入于辛;
四、六两月,日出于寅而入于戌;
五月,日出于鲁(艮)而入于乾;
十一月,日出于亨(巽)而入于坤;
十月与十二月,日出于辰而入于申。

不过,上述内容很可能受到了汉族文化的影响。因为,其月份采用了农历的十二个月,而表示日出、日入方位的名称又分别取自八卦中的艮、乾、巽、坤,十天干中的乙、庚、甲、辛以及十二地支

中的卯、酉、寅、戌、辰、申。其表示方位的方式,属于汉族创制的把地平一周等分为 24 个方位的“二十四山”系统。如图 7—2 所

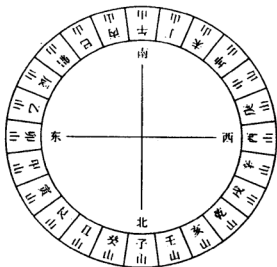


图 7-2 二十四山图

示,该系统用八卦中的艮、乾、巽、坤等四卦,分别表示东北、西北、东南、西南“四维”;用十二个地支名称,分别表示正北(子)、正南(午)、正东(卯)、正西(酉)等十二个方位;用十天干中的甲、乙、丙、丁、庚、辛、壬、癸等八干,分别表四维和十二地支之间的八个方位。因农历五月是夏至节所在月份,太阳在该月的日出、日入方位最为偏北,所以文中说:“五月日出于鲁(艮)而入于乾”;农历十一月是冬至节所在月份,太阳在该月的日出、日入方位最为偏南,所以文中说:“十一月日出于亨(巽)而入于坤”;农历二月、八月分别为春分节和秋分节所在月份,太阳在这两个月都是从正东方升起,在正西方落下,所以文中说:“二、八两月出于卯而入于酉”。

另外,对于日出、日落方位随季节变化,汉族在很早就有明确认识。如西汉文献《淮南子·天文训》记曰:

冬至,日出东南维,入西南维;至春、秋分,日出东中,入西中;夏至,出东北维,入西北维。

《周髀算经》卷下记曰:

日出左而入右,南北行。故冬至……日出巽而入坤,见日光少,故曰寒;夏至……日出艮而入乾,见日光多,故曰暑。

特别是汉族民间流传有一首《定太阳出没方位歌》^①,歌中唱道:

正(月)、九(月)出乙(方)没庚方,
二(月)、八(月)出兔(卯方)没鸡(酉方)场,
三(月)、七(月)出甲(方)从辛(方)没,
四(月)、六(月)生虎(寅方)没犬(戌方)藏,
五月出艮(方)归乾(方)上,
仲冬(十一月)出巽(方)没坤方,
惟有十、十二月,
出辰(方)入申(方)仔细详。

将《西南彝志》中的“论日出月没”节与此歌相对照,两者如出一辙。这些情况都证明,《西南彝志》的这部分内容是从汉族引进的。

除了根据日出、日落方位的变化定农时季节以外,彝族还有根据北斗星尾巴指向定季节的知识。四川凉山的一位彝族“毕

^① 《定太阳出没方位歌》,引自王立兴:《方位制度考》,载《中国天文学史文集》(第五集),北京,科学出版社,1989年。

摩”曾告诉调查者，“根据北斗星的尾巴在黎明前的指向，可以定季节。春天，尾巴指西；夏天，尾巴指北；秋天，尾巴指东；冬天，尾巴指南”。^① 凉山彝族文献《日月星辰书》中也记曰：“北斗星方位定四季，星尾指西花开季，星尾指北是炎夏，星尾指东是秋季，星尾指南雪花飞。”这两种说法完全一致，但它们与战国文献《鹖冠子》的说法有所区别。《鹖冠子·环流》记曰：“斗柄东指，天下皆春；半柄南指，天下皆夏；斗柄西指，天下皆秋；斗柄北指，天下皆冬。”其所说斗柄的四季指向与前两说正好相反。这是因为观测时间一为清晨，一为黄昏所导致。因为，地球在一夜时间里自转了 180° ，北斗星的指向从黄昏到清晨也因此发生了 180° 的变化。

三 对二十八宿的观测和命名

彝族的十月历虽然不考虑月相的圆缺变化，不以朔望月周期作为时间单位，但彝族毕摩的星占活动却十分重视月亮在星空中的位置变化，以恒星月周期作为占卜的依据。毕摩们判断某日究竟是吉日还是凶日，人们可以干什么、不可以干什么，其方法之一就是根据月亮在这一天处于哪个星宿来进行占卜。为此，他们对月亮运行路线所经过的恒星进行了划分和命名，创立了一套自己的二十八宿恒星区划系统。四川凉山彝文文献《年算书》所记载的彝族二十八宿的星名及其相应的汉族星名，如表7—3所示：

^① 陈宗祥等：《凉山彝族天文历法调查报告》，载《中国天文学史文集》（第二集），科学出版社，1981年。

表 7—3 凉山《年算书》彝族二十八宿^①

序号	彝文星名	汉文译名	相应的汉族星名	星数
1	𐄎𐄌(𐄎𐄌)	羊群(时首)	昴 宿	6
2	𐄎𐄌	放牧踪迹	毕 宿	8
3	𐄎𐄌	鸚鵡头	觜 宿	3
4	𐄎𐄌	鸚鵡翅膀	参宿一至四	4
5	𐄎𐄌	鸚鵡腰	井宿二、三、四	3
6	𐄎𐄌	鸚鵡尾	南 河	2
7	𐄎𐄌	黑鸡	鬼宿一、二、三	3
8	𐄎𐄌	灰褐鸡	柳宿一至五	5
9	𐄎𐄌	雄鸡神	星宿二、三、四	3
10	𐄎𐄌	雌鸡神	轩辕十四、十五、十六,御女	4
11	𐄎𐄌	鸡翅鸡尾	翼宿一至四	4
12	𐄎𐄌	竖立的露水	轸宿、左辖、右辖	6
13	𐄎𐄌	明亮的露水	亢 宿	4
14	𐄎𐄌	豹 角	氐 宿	4
15	𐄎𐄌	豹 眼	房 宿	4
16	𐄎𐄌	豹 口	心宿二	1
17	𐄎𐄌	豹 腰	尾宿一至四	4
18	𐄎𐄌	豹 心	尾宿五	1
19	𐄎𐄌	豹 尾	尾宿六、七、九	3
20	𐄎𐄌	豹过完	箕 宿	4
21	𐄎𐄌	豪 猪	建 星	6
22	𐄎𐄌	牛 来	狗 国	4
23	𐄎𐄌	公犀牛	女宿一、二、四	3
24	𐄎𐄌	母犀牛	虚宿一	1
25	𐄎𐄌	犀牛吞吐	垒壁阵东四	4
26	𐄎𐄌	慧 马	壁 宿	2
27	𐄎𐄌	连 枷	右 更	5
28	𐄎𐄌	时 尾	胃 宿	3

^① 见陈宗祥等:《凉山彝族天文历法调查报告》,载《中国天文学史文集》(第二集),科学出版社,1981年。

从上表可以看出,彝族二十八宿星名的意义大多与动物有关。其中,与鸛鹑有关的有四宿,与鸡有关的有五宿,与豹子有关的有七宿,与犀牛有关的有三宿,与豪猪和马有关的各一宿,其他还有与农具、露水和时间有关的名称。这些名称完全不同于汉族的二十八宿。

由于彝汉两族的二十八宿均沿月行路线分布,所以两个系统在取星范围上有不少一致之处。如,汉族的昴、毕、觜、参、井、鬼、柳、星、翼、轸、亢、氐、房、心、尾、箕、女、虚、壁、胃等宿,也为彝族二十八宿所采用。当然,两个系统也有完全不同的取星。如,彝族所采用的轩辕、左辖、右辖、狗国、垒壁阵、右更等星,都是汉族二十八宿所没有的。另外,汉族的尾宿竟然被彝族系统分割为豹腰、豹心、豹尾三宿。这些情况都表明,彝族二十八宿完全是本民族文化的产物。

《年算书》在“五不利”一节中,记述了不同年份月亮与各星宿相遇之日的吉凶。如,“鼠年与豪猪、牛来、黑鸡、灰褐鸡相遇日,吉;牛年与雄鸡神、雌鸡神、鸛鹑腰相遇日,吉;与明露、豹过完相遇日,不吉;虎年与鸛鹑翅膀、豹眼相遇日,吉;……”。由于月亮运行一周天的时间(恒星月)不是整28天,而是27.32天,所以,二十八宿各宿的跨度无论是均匀还是不均匀,月亮都不会严格按照一天行经一宿的规矩运行。关于这个问题,彝族毕摩有两种说法。说法一:月亮先以两个27天的周期,再以一个28天的周期与二十八宿一一会合。说法二:月亮先以三个27天的周期,再以一个28天的周期与二十八宿一一会合。如果按照说法一,恒星月的周期平均为

$$\frac{27 \times 2 + 28}{3} = 27.33(\text{天});$$

如果按照说法二,恒星月的周期则平均为

$$\frac{27 \times 3 + 28}{4} = 27.25(\text{天})。$$

与近代天文学测定的恒星月周期 27.32 天相比,上面两种说法的误差都不大。由此可见,凉山彝族对恒星月周期已经有了较准确的认识。

为了处理月亮在二十八宿中间分别以 27 天和 28 天两种周期运行的情况,凉山彝族采取了把“明露”和“豹角”这相邻两宿有时分开、有时合并的办法。当月亮以 27 天运行一周时,就把两宿合为一宿,这样,二十八宿就成了二十七宿,月亮可每天与一个星宿会合。当月亮以 28 天运行一周时,就让两宿独立,这样,使月亮仍可恰好每天与一个星宿会合。有迹象表明,汉族在先秦时期也用这种方法处理过二十八宿与恒星月周期之间的关系^①。至于彝汉两族在这个问题上是否进行过交流,尚有待进一步研究。

第五节 四川凉山彝族的漆器工艺

一 概况

彝族是我国少数民族之一,生活在四川凉山一带的彝族制造和使用漆器已经有了数百年的历史。在我国众多的少数民族中,掌握漆器制造工艺的相当多,但是真正具有本民族特色、并能在本民族的传统工艺中占有相当重要地位的漆工艺却不多。四川凉山彝族制作的漆器,以其使用的广泛性、鲜明的艺术特色,不仅在本民族的传统工艺中占有相当重要的地位,而且在我国少数民族的漆器制作工艺中也是比较引人注目的。

凉山彝族生产漆器的历史起始于何时?目前尚无一致的看法。罗明刚先生认为:

^① 王建民等:《曾侯乙墓出土的二十八宿青龙白虎图像》,载《文物》1979 年第 7 期。

彝族漆器,相传髹漆技术是由狄一伙甫发明开始的,距今57代左右,有1400余年的历史。^①

张建世先生认为:

凉山彝族的漆器生产有着悠久的历史,传说始于1400年前,但从所知的材料看,约有400年的历史。^②

凉山彝族的漆器生产一直是以单个家庭为主进行的,在历史上没有形成一个专门的手工业生产部门;从事漆器生产的工匠大都是农民,他们在农忙时从事农业生产,农闲时制作漆器出售,完全是一种家庭副业的形式。根据调查,直到近现代,这种以家庭副业的形式生产漆器的情况在凉山一带的农村仍然较多地存在,凉山彝族自治州的美姑县、甘洛县、昭觉县、喜德县等地都有以家庭为单位的农民在制作漆器。

据张建世先生在《凉山彝族传统漆艺文化述论》一文中介绍:

“历史上喜德县只有吉伍家族的人会制造漆器,从1616年吉伍吉史迁到喜德县、开始制作漆器至今,已传16代。第8代的吉伍阿必迁到今喜德米市区依洛乡的阿普如瓦地方居住,至今已传9代,居住了223年。现阿普如瓦约有50户吉伍家族的人。吉伍家族为了保密,漆器技术传儿不传女,故现在阿普如瓦吉伍家族的男人们一般都会制造漆器。他们做好的漆器放在家里,需者登门购买。”“吉伍家族制作的漆器,传统上有木

① 罗明刚:《凉山彝族漆器》,载《四川文物》,1992年第4期。

② 张建世:《凉山彝族传统漆艺文化述论》,载《民族研究》,1998年第3期。



胎、皮胎、角胎三种,品种主要有传统的餐酒具和兵马具”。兵马具包括马鞍、铠甲、马具等。^①

凉山彝族漆器的这种生产方式直到 20 世纪 80 年代前后才有所改变,成立了漆器生产的工厂或民族工艺厂等。

二 制作工艺

凉山彝族的漆器制作工艺的主要的方面与汉族漆器的制作工艺差不多,也分为制漆、制胎、髹饰等工序。现就其主要内容概述如下:

1. 制漆工艺

凉山漆器所用的漆就是我国的特产之一天然大漆,而不是现今通过化学方法制造的人工漆。

制漆的方法主要是两种:一种方法是将采集来的大漆通过棕叶等进行过滤,去除杂质,盛放在竹筒内,密封保存,使用前一般还需进行晒制,去除大漆中的部分水分,使其形成的漆膜光亮而坚韧,并利于打磨推光;另一种方法是在大漆中加入预先熬制好的桐油,制成油性大漆,加入桐油后,可使髹饰成的漆膜亮度增加。

2. 制胎工艺

凉山彝族的漆器胎体主要有木胎、皮胎、蹄爪胎、角胎等。

木胎的制法有斫制、镞制、粘接等。

皮胎的制法为:

先把剥下的牛皮刮去毛,然后浸泡在水中,按所做器物的形状,剪成皮料,再在水中浸泡。同时用木料或石料制成所需要做

^① 张建世:《凉山彝族传统漆艺文化述论》,载《民族研究》,1998 年第 3 期。

的器皿模形,即内模。制皮胎时,将泡好的牛皮包扎在内模上,越紧越好,用木钉钉住。绷紧后,用石锤敲打牛皮,使其平整。阴干后,割掉器口以上的牛皮,拿出内模,取下牛皮套,这就是皮胎了。彝族的皮胎可做成酒杯、酒碗、护臂、盾牌、甲冑。^①

凉山彝族的蹄爪胎漆器,是一种以动物的蹄爪和皮、木胎相结合制成的漆器。其中皮、木胎是作为漆器的主体部分,而蹄爪是作为漆器的器座。在制作时,动物的蹄爪都要进行定型处理,处理的方法主要是捆、扎等。

角胎是采用动物的角制成,一般是先将动物的角取下后进行水煮,并去除角内的血肉,然后锯成一定的形状,将角的表面打磨光滑即可髹漆了。

3. 髹饰工艺

凉山彝族漆器的髹饰工艺与汉族漆器的髹饰工艺大致相同,分为打磨、梢档(填平胎体上的缺陷,使其平整)、上底漆等。

由于凉山彝族漆器多数有彩绘花纹,髹饰后的漆膜如何快速干燥是十分重要的,否则将影响到漆器的质量。彩绘“所用的原料为桐油和石华粉,配以颜料即成。”“彝族不设阴室,但常在房前屋后的土崖上,挖一个横窑,高1米左右,宽1米许,纵深也1米多,留一个小门,装有木门板,或者用石块、泥土封死。窑内铺燕麦草、松毛,把漆器码在草上,可以几个落在一起,然后把窑口封住。夏天封闭两三天,冬天封闭半月之久,即可取出漆器。使用时,先用温水试用,久之才能盛开水。”^②

三 浓厚的民族特色

凉山彝族的祖先是游牧民族。易谋远先生《论彝族起源的

①② 宋兆麟:《凉山彝族的漆器制作工艺》,载《中国历史博物馆馆刊》,1996年第1期。

主源是以黄帝为始祖的早期蜀人》一文记载道：

流传在今天广西那坡县和云南富宁县彝族的白彝创世古歌《铜鼓歌》开头就唱道：彝家先辈人，居住在昆仑，巍巍昆仑山，绿草嫩生生，祖辈养牛马，游牧度光阴，古老昆仑山，处处是畜群。^①

就在19世纪以前，地处凉山腹地的彝族人仍然是以畜牧为主，农业为辅，过着迁徙不定的游牧生活。以畜牧为主的游牧迁徙生活就要求生活的用具简单实用、易于搬迁携带，且不易破碎，凉山彝族的传统漆器，正是具有这样的特点。

（一）从漆器的胎质来看。凉山彝族漆器的胎质有木胎、皮胎、蹄爪胎和角胎，其中皮胎、蹄爪胎和角胎占有相当大的比重，这些质地的漆器一般都具有不易破碎的优点，而且体量不大，便于携带。特别是鹰爪杯、雁爪杯、牛角杯等更是体现了游牧民族的特色，在我国的漆制品中是比较少见的。

（二）从漆器的造型来看。凉山彝族漆器中的酒杯、酒壶、钵、盒等饮食用具一般都有较高的足（底座），究其原因，是彝族用餐大都是席地而坐，一般无桌椅，餐具放在地上。高足的用具放在地上，使用起来要方便一些，鹰爪杯、雁爪杯、猪蹄杯等使用较多的原因之一正在于此。

凉山彝族漆器中的酒壶为木胎制成。无论是圆形酒壶或扁圆形酒壶，都是由头、腹、足三部分组成。高足，是为了席地而坐就餐时取用方便；塔形的头部既美观又便于系绳，拴在马上而不易脱落；盛酒的腹部更是结构奇特，其中圆形酒壶的腹部是由上

① 易谋远：《论彝族起源的主源是以黄帝为始祖的早期蜀人》，《民族研究》，1998年第2期。

下两个半球形通过子母口扣合而成,扁圆形酒壶的腹部是由左右两个圆盘形通过子母口扣合而成。这两种酒壶的共同点是:既无壶嘴又无壶盖。原来在酒壶足底的中心有一圆孔,插有一根两端开口的圆竹管直达圆形腹部最上壁的下方,圆孔与竹管外壁间是密封的,该竹管就是壶盖。灌装酒液时将酒壶倒立,从竹管外端口注入酒液,由于竹管内端口在酒壶腹部最上壁的下方,所以注入的酒量基本上可以将腹部充满,剩下的空间较少了,酒壶直立后,酒液也不会流出来;另在酒壶腹部的上端再开一圆孔,斜插一竹管直达腹底壁,该竹管与酒壶的塔形头部约成45度角,竹管的外端口高于腹部的最上壁,这就是壶嘴,可以通过它吸干壶内的酒液。这种结构的酒壶在颠簸摇晃时,酒液也不会漏出来。更妙的是,这种酒壶带有一定的密封性能,可以使酒液在壶内保存较长的时间而不变质。图7—3即为凉山漆器中的木胎酒壶。^①

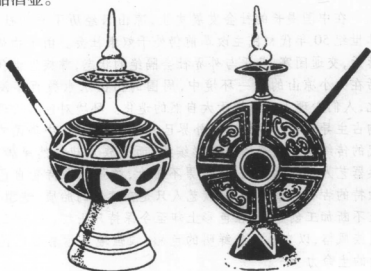


图7—3 凉山漆器中的木胎酒壶

① 宋兆麟:《凉山彝族的漆器制作工艺》,载《中国历史博物馆馆刊》,1996年第1期。

3. “三色文化”

凉山彝族漆器上的彩绘图案主要采用红、黄、黑三种颜色,这三种颜色错综搭配、间隔使用,色彩明快艳丽。凉山彝族漆器一般都是以黑色为底(也有部分以红色为底的),以红、黄两色进行彩绘,对比强烈,形成了“生成天质见玄黄”的艺术效果,这一点颇有一些楚国漆器制作工艺的遗风。

红、黄、黑三种颜色不仅用在漆器上,在服饰上也使用得比较多。从民族学的角度看,漆器上使用的这三种颜色不仅是为了美观,更有着民族观念等方面的原因。彝族人比较喜爱这三种颜色,他们认为红色代表勇敢、热情,黄色代表美丽、光明、吉祥,黑色代表尊贵、权力、庄重、博大之意,从而形成了凉山彝族独具特色的“三色文化”。

潘诗友先生指出:

在中国漫长的社会发展史上,凉山只经历了原始社会,在本世纪 50 年代初民主改革前仍处于奴隶社会。由于物质条件落后,交通闭塞,几乎与外界社会隔绝的状态,彝族世代生活在大小凉山的同一环境中,周围的山山水水数百年没有变化,人们心理上已习惯于大自然的造化。环境对色彩心理的影响占主导地位。尽管凉山外界已发生时代变化,中华民族近现代的传统绘画色彩已经五彩缤纷,而彝族人却仍然深居高山,漆器艺人世代承袭相传,传男不传女,顽强地保持着自己民族独特的古朴厚重特色,彝族艺人只是在漆器的胎质、造型、线条上不断加工创意,而在色彩上却至今保持只用红、黄、黑三色的民族风格,以自己极其鲜明的色彩,顽强地显示着自己民族强大的生命力。^①

^① 潘诗友:《凉山彝族漆器艺术美浅探》,载《四川文物》,1999 年第 4 期。

第六节 云南少数民族的银饰

一 佩戴银饰的原因

明清时期,云南少数民族地区的银饰有了较大的发展,这与同一时期云南产银量较多有关系。云南自古产银,在汉代时出产的朱提银因质地上乘而闻名,朱提即今云南的昭通。在昆明、大理、丽江、腾冲、保山、通海、昭通、曲靖、建水等地,都有白银出产。

银饰,当然是以银为主,但是为了便于制作,用于首饰的银很少是纯银,一般都是采用银与铜、银与锡的合金。徐艺乙先生指出:云南少数民族地区,“民间对银的成色区分得很细:九九银,青细查,白口;九八银,细灰查,白口;九七银,猪肝查,微黄口;……九一银,白查,黄口;九成银,酱黄查,黑宗眼;……云南民间用作银饰的银的成色多在九成以上,统称为白银。其实,则多是银与铜的合金”^①。

云南居住着众多的少数民族,佩戴银饰是这些少数民族的共同特征之一。当然,由于民族的不同,其银饰的风格等方面也是存在一定差别的。过去,在我国民间,认为佩戴金银首饰不仅是一种地位和财富的象征,而且也是一种驱崇避邪、养生的方法。徐艺乙先生在《谈云南的银饰》一文中指出:

中国传统的神秘观念认为:金、银能够发出凡人不大容易看见的“气”,叫做“金气”、“银气”,可以抵御一切作祟的鬼魂。^②

这是云南少数民族较多使用银饰的原因之一。

^{①②} 徐艺乙:《谈云南的银饰》,载《东南文化》,2000年第4期。

徐艺乙先生还指出：

虽然都是首饰，佩金戴银还是有分别的，一般说来，富贵人多佩金饰，平民则以戴银为主。固然，金的价值比银高是一个原因，但在民间还有一个说法就是，佩金戴银要视各人的福缘而定，金饰的“金气”可以驱邪，可这股“金气”不是所有人都能承受的，据说儿童和老弱者是不适宜戴金器的，而福分薄者也极有可能受“金气”之克而诸事不顺。相比之下，银饰所发出的“银气”要柔和多了，凡是不能适应金饰之“金气”者，均能使用银饰。这种说法不知道是什么人编出来的，却已经在民间流传了一两千年，虽然从未有人验证过，但中国的老百姓对这种事情总是“宁可信其有”，从不愿意找麻烦的，多年来，似乎是约定俗成了的。

在过去，金饰是富贵和准富贵的人们使用的，但又不是随便使用的，从大小、重量、型制、纹样及使用者的身分都有着很完整的规定，甚至连制作者都是钦定或指定的。与之相比，银饰则要大众化得多了，不仅对使用没有硬性的规定，就是形制、图案的创意也是很自由的。尤其是到了明清时期，艺人们随心所欲而又精到入微的创意，使得银饰艺术达到了相当高的程度。^①

这是云南少数民族地区较多佩戴银饰的原因之一。

现代的科学知识告诉我们，一定量的银的离子或原子的存在，具有一定程度的杀菌或抑菌的作用。人们佩戴银饰，在日常生活中的某些情况下，对于防止一些传染病的发生、流行、传染具有一定的作用。而云南少数民族居住区内也正是山高、林密、湿度大、微生物易于生长繁殖、某些疾病易于发生流行的地区。

^① 徐艺乙：《谈云南的银饰》，载《东南文化》，2000年第4期。

这也可能是云南少数民族地区较多使用银饰的原因之一。

二 银饰制作工艺

云南民族银饰由于云南的民族众多而显得特别繁多,大致可分为发饰、帽饰、冠饰、耳饰、颈饰、胸饰、腰饰、手饰、挂饰等类型;比较常见的品种有:环、锁、圈、链、带、刀、片、牌、泡、扣等。制作工艺有:范铸、锤制、炸珠、焊接、镌镂、掐丝、鎏金、点翠、烧蓝、阴刻、平鍐、浅雕、圆雕等。

高金龙先生在《云南民族银饰》一文中指出:

有些银饰,多用几种工艺综合制成,大致有三种类型:1. 浇铸成型后再经刻出纹饰;2. 铸成型后再焊接浮雕或圆雕;3. 以花丝工艺为主,结合镶嵌、点翠、珐琅、鎏金等工艺后成品。^①

徐艺乙先生指出:

(云南)各地的银饰的加工制作工艺都差不多,但制作出的银饰的风格却是不一样的,其原因除了与不同地域的文化背景有关系外,艺人的水平、制作的习惯及工艺恐怕也是相当重要的因素。

在云南民间,当人们的家中有小儿出生、满月,或是为女儿制办嫁妆,或是男主人做寿等喜庆事件时,都是要提前若干天、甚至在数年前就要准备相关的银饰了。大户人家由于经济实力雄厚,都在老字号的银铺里定购成色好、做工精美的银饰。而一般的平民人家,虽然也有在银铺中选购首饰的,但多数还是将银匠邀到家中,用残破的旧银饰和银元来熔化打制新的银饰。

^① 高金龙:《云南民族银饰》,载《东南文化》,2000年第4期。

要打制新银饰,首先要将银熔化,然后再制作成片和丝等零件。熔化时,先将碎银子放在小坩埚内,搁在架子上,下置一油灯,艺人将油灯点燃后,手持一根铜吹管,用力吹火,直到坩埚中的银子融化成液状。将银液倒入一铁槽内,一会儿即凝结成银条。等银条完全冷却后,便可用钳子夹着银条在铁砧上打成片状或细条状待用。

当银片和细银条准备好一定数量时,艺人便依据主人所要求的花样对银片和银条作进一步的加工,依照花样的要求,使之具备基本形状。再将花样稿用墨画在银片上,接着使用不同形状的钻子凿出花纹,或是将银片或银条放在钢制模具中,用锤子打制出有凹凸的花纹。将细银条拉成细而均匀的银丝,单丝多用作边缘线,复丝则用两根以上的银丝搓成麻花状。所有的零件加工完成后,即放在硼酸水中浸泡,然后按花样的样式摆好在火砖上,在焊接部位洒上焊药,点上油灯,用吹管将火焰吹到焊接部位,当垫在下面的火砖由黑变白时,即焊接完毕。这时,用锉子略作修整后,再用布擦至发亮即告完成。还有要在银饰上点翠、烧蓝的,是将釉药末洒在要点、烧的部位,同样也是用吹管吹火来烧化的。点、烧后的翠和蓝是否均匀,颜色是否漂亮,完全由艺人根据经验去掌握,也是检验艺人技术水平高低的标准之一。

“鑿花,金属细工传统技法。即是运用小凿在金属坯件表面锤凿出各式图案(有的用刀刻,称为刻花),谓之‘清花’、‘阳花’、‘沙地’和‘阴地’等不同凿法(类似其他雕刻的阴纹、阳纹、沙地和阳地),这种工艺用途广,如凿字镂花等都需用到。鑿花需要熟练手艺,同时要有艺术巧思,才能制作出各种生动的图案花纹。”

“点蓝,即烧蓝、发蓝,首饰工艺传统装饰技法之一。‘蓝’是一种矿物质釉料,用它点烧在金银器物上,成为一种玻璃状的彩色釉,一般都是蓝色,故名点蓝。这种蓝色釉和金银相辉

映,显得富丽多彩,雍容华贵。”^①

银饰,是云南少数民族地区传统的手工艺之一,直到今天在民间仍然流行。上述的这些传统工艺,有的至今仍在使用,有的在原来的基础上有所发展与提高。

第七节 土家族的“西兰卡普”

一 何谓“西兰卡普”

生活在现今湖北省恩施自治州的土家族,自称是古代巴人的后裔,“西兰卡普”就是一句土家语。一般认为“西兰”是指棉被的被面、“卡普”是指花纹图案,因此,“西兰卡普”就是一种带有花纹图案的被面。现今的“西兰卡普”常常是用各种不同质地的彩线,通过编织或组合挑、扎、绣等工艺制作出的一种纺织工艺品。原来,“西兰卡普”是专指带有花纹图案的被面,即所谓的“峒被”,现今的“西兰卡普”制品不仅仅有被面,还有其他多种产品。从这种具有浓厚土家族特色的纺织工艺品上,我们可以看到土家人在养蚕、缫丝、染色等方面所取得的成就。

从考古发掘资料来看,在汉代或稍晚一些时候,在今天的鄂西、渝东一带已经在使用带有印染花纹的布制作服饰等物了。林向先生在《中国悬棺葬学术讨论会纪要》一文中介绍,在长江三峡中“风箱峡悬棺遗物中也鉴定出蓝底白花印花布,经研究是蜡缬染靛细布。这种印染技术至今在西南苗瑶等族中盛行。”^②实际上在明清时期,这种蓝底白花或白底蓝花印花布在鄂西土

① 徐艺乙:《谈云南的银饰》,载《东南文化》,2000年第4期。

② 林向:《中国悬棺葬学术讨论会纪要》,载《文物》,1981年第8期。

家族居住区或江汉平原一带都较为盛行。直到解放初期,湖北省的文物考古工作者在江汉平原的天门市一带调查时还发现当地人们在制作这类印花布,所用的坯布都是农家自己经手工纺织的棉布,采用靛蓝染色;不过这种印花布不是采用蜡缬方法染制,而是采用雕板的印染方法制作出来的。在一些博物馆里还收藏有使用这种方法制成的印花布,从其实物来看,所印染的花纹图案主要为花草、鸟兽与人物等,有的至今还较鲜艳。有理由认为,土家族的“西兰卡普”,最初、最普遍的形式就是这类印花布。因为在明清时期,长江中游一带的棉花生产有较大的发展,手工纺织的棉布在许多地区盛行,鄂西的土家人当然也会采用农家手工纺织的棉布进行印染后制作衣服等。

用靛蓝染色,在我国应用很早。蓝草(蓼蓝)染蓝色,茜草染红色,梔子染黄色等,远在西周及春秋战国时期就已经较多地使用了。吴淑生等在《中国染织史》一书中指出:

春秋时代……,用蓝草鲜叶浸渍染色的方法,已不能适应新的要求,常常由于浸染不及时,使得一池池的染液自行发酵和氧化,变成了泥状的蓝色沉淀而废弃。后来在生产实践中,发现用酒糟发酵可以随时将沉淀了的蓝泥再还原出来染色。……由于靛蓝发酵后还原成靛白,同样可以染色,因此蓼蓝收割后,先制成泥状的靛蓝,待要染色时再发酵,一年四季都随时可以进行染色。^①

从此,靛蓝染色在我国一直沿用下来,所以土家族人也是懂得靛蓝染色的。至于染黑,原料就更加丰富了。吴淑生等指出:染黑色“主要用栎实、橡实、五倍子、柿叶、冬青叶、栗壳、莲子壳、鼠尾

^① 吴淑生等:《中国染织史》,上海人民出版社,1986年,63页。

叶、乌柏叶等。这些植物含有单宁酸,和铁盐作用可使之在织物上生成单宁酸铁的黑色色淀。这种色淀性质稳定,日晒和水洗的牢度都比较好”,^①这里用的铁盐,早期较多使用的均是青矾(即绿矾,又称皂矾,有天然产物也有人工烧制的产品)。在土家族居住区内,栲实、橡实、五倍子及染黄用的栀子等植物都有生长,有的还相当丰富。

二 “西兰卡普”——土家人的工艺品

土家人的服装原料大致来说主要有三种质地:丝、棉、麻。明清时期,广大穷苦的土家人大都只能穿棉、麻织品。在土家族居住区内虽然也有种桑育蚕的生产活动,但丝织品的数量不多,主要是供土司等统治者享用的。“织女机丝趁凉急,鲛人泣明珠双双”,^②就是土家少女为土司织造“峒被”的真实写照。顾彩《容美纪游》中记载:“峒被如锦,土丝所织,贵者与缎同价,龙凤金碧,堪为被褥”。^③还有一种“峒巾”,也是采用类似的工艺制成。土家族人民将蚕丝通过不同的染料染成各种颜色后,通过织机纺织出具有鲜艳图案的丝织品,并常常作为珍贵的礼物送给尊敬的客人。如《容美纪游》的作者顾彩受土司田舜年的再三盛请到容美一游,离开时田舜年特地送给他“峒被二床,峒巾十条”。从现今土家族“西兰卡普”的制作工艺看,明清时期土家族的“峒被”等既可以是先将蚕丝染色然后织成,也可以先纺织成丝绸,再用各种颜色的丝线经过挑、扎、绣等工艺制出花纹图案,当然也可以将这两种方法结合起来进行。

《容美纪游》记载:在土家族的土司居住地,“南门正临龙溪江,间阎栉比,甃石为街,民家多以纺织为业,当明盛时,百货俱

① 吴淑生等:《中国染织史》,上海人民出版社,1986年,98页。

②③ 顾彩:《容美纪游》,转引自湖北省鹤峰县志办公室等编:《容美土司资料汇编》。

集,绸肆典铺,无不有之”。^①这种以纺织为业的民家和绸肆典铺充分说明,清代早期土家族居住区内纺织业是比较发达的。

“西兰卡普”之所以成为土家族中具有浓厚民族特色的工艺品,原因之一是因为“西兰卡普”为每一个土家族少女出嫁时必须准备的嫁妆之一,每一位土家少女出嫁前都要为自己准备一些图案新颖、色彩艳丽的被盖等物品。更重要的是:这些物品上的纺织及刺绣等工艺的水平高低,就成为评价新娘是否心灵手巧的重要标准之一。所以,“西兰卡普”的制作有着深厚的民间基础,也使其能以不断有所发展,工艺水平不断进步,直到今天,仍是广受人们喜爱的土家族的一种民族工艺品。

这种来自土家族民间的工艺品,其上的花纹图案往往带有比较浓厚的民族风格与地方特色。如“西兰卡普”上常有的白果花、金瓜花、万字格等,其中白果花图案的采用,就反映了流传于土家族人民中间的一则爱情故事。

“西兰卡普”这种纺织工艺品,既具有欣赏价值又具有实用价值,又因其在民间有着深厚的基础,所以它具有较强的生命力,在长期闭塞而较落后的环境中得以延续下来,并能不断地有所发展而流传到今天,向人们展示出土家族人民的聪明才智。

^① 顾彩:《容美纪游》,转引自湖北省鹤峰县志办公室等编:《容美土司资料汇编》。

后 记



本书由王胜利、后德俊二人合作撰写。从1999年11月开始,经过一年零八个月的共同努力,终于如期完成了各自承担的写作任务。

由王胜利负责撰写的章节是:概论,第三章的五、六、七节,第四章的七、八、九、十节,第五章的三、四、五、六、七节,第七章的一、二、四节。由后德俊负责撰写的章节是:第一章各节,第二章各节,第三章的一、二、三、四节,第四章的一、二、三、四、五、六节,第五章的一、二、八、九、十、十一节,第六章各节,第七章的三、五、六、七节。

长江流域地域广阔,各族人民勤劳智慧,自古至今所发明、创造出的科学技术成就无可计数,远不是这本30万字的小书能够容纳得了的;再加上作者的能力有限,所搜集的资料有限,一定会有许多重要的科技成就未能在本书中反映出来,也一定会存在许多作者本人未能发觉的错误和遗漏。我们衷心期待广大读者给予批评指正,以便今后在适当的时候对本书加以修改和补充。

王胜利 后德俊

2001年6月于武汉市东湖之滨